Die 133-Xenon-Muskelclearance als Prüfparameter für die Erfolgsbeurteilung gefäßchirurgischer Eingriffe

Manfred Ruff

1972

DISSERTATIONS – und FOTODRUCK FRANK oHG
8000 München 2 · Gabelsbergerstr. 15 · Tel.: 2 80 90 90

Aus der II. Medizinischen Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Dr. E. BUCHBORN

DIE 133-XENON-MUSKELCLEARANCE ALS PRÜFPARAMETER FÜR DIE ERFOLGSBEURTEILUNG GEFÄSSCHIRURGISCHER EINGRIFFE

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und

einer Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Manfred RUFF

aus Schongau

1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität München

Referent: Priv.Doz.Dr.P.DIETERLE
Konreferent: Prof.Dr.E.BUCHBORN
Dekan: Prof.Dr.W.SPANN
Tag der mündlichen Prüfung: 11. Juli 1972

1	Die ^{133}Xe-Muskelclearance
1. 1	Allgemeines über Isotope und Einführung in die angiologische Diagnostik
1. 2	Besondere Eigenschaften von ^{133}Xe
1. 3	Ableitung der Durchblutungsformel
1. 4	Das Meßgerät
1. 5	Versuchsanordnung
1. 6	Auswertung der Kurven
1. 7	Beurteilung der ausgewerteten Kurven
2	Routinemessungen
2. 1	M. temporalis und m. masseter
2. 2	Normale und pathologische Werte der Bein- und Armdurchblutung
2. 2. 1	Hyperkinetisches Herzsyndrom
2. 3	Durchblutungswerte getrennt nach einigen Krankheitsbildern
2. 3. 1	Diabetes mellitus
2. 3. 2	Hypertonie
2. 3. 3	Hypertonie und Diabetes mellitus
3	Gefäßchirurgisches Kollektiv
3. 1	Sympathektomie (SE)
3. 1. 1	Einzelfälle und Trendstatistik
3. 1. 2	Mittelwertübersicht und Signifikanzprüfung
3. 1. 3	Diskussion
3. 1. 4	Typisches Beispiel einer Kurve
3. 2	Thrombendarteriektomie (TEA)
3. 2. 1	Einzelfälle und Trendstatistik
3. 2. 2	Mittelwertübersicht und Signifikanzprüfung
3. 2. 3	Diskussion

3. 3	Kombination von TEA und SE
3. 3. 1	Einzelfälle und Trendstatistik
3. 3. 2	Mittelwertübersicht und Signifikanzprüfung
3. 3. 3	Diskussion
3. 4	Bypass
3. 4. 1	Einzelfälle und Trendstatistik
3. 4. 2	Mittelwertübersicht und Signifikanzprüfung
3. 4. 3	Darstellung eines interessanten Einzelfalles anhand der Kurven
3. 4. 4	Diskussion
3. 5	Tabellenübersicht der Ergebnisse des gefäßchirurgischen Kollektivs
4	Zusammenfassung

Angiopathien verschiedenster Art, Genese und Lokalisation sind zu einem häufigen Krankheitsbild geworden. Sicher nicht zuletzt spielt dabei die Zunahme der bekannten "Risikofaktoren" für die Entstehung derartiger Krankheiten in vielen Ländern und Bevölkerungsgruppen eine große Rolle. So erhebt sich automatisch, neben der Suche einer wirksamen Prophylaxe, auch die Frage nach geeigneten Diagnosemöglichkeiten und Therapieverfahren. In der vorliegenden Arbeit soll die Radioxenonmethode oder ^{133}Xenon-Muskelclearance zur Untersuchung peripherer Durchblutungsstörungen anhand von Routinemessungen bei Patienten der II. Medizinischen Universitätsklinik München sowie als Therapiekontrolle nach gefäßchirurgischen Eingriffen vorgestellt werden.

1. Die ^{133}Xe-Muskelclearance

KLEMM, J. (19), PECHARTSCHEK, W.D. (29) und PFLEGHAR, F. (30) zeigten bereits an insgesamt etwa 800 Einzelergebnissen, daß die ^{133}Xenon-Clearance-Methode klinische Routinereife besitzt. Im Vergleich mit den zahlreichen anderen Methoden zur Beurteilung peripherer Durchblutungsstörungen schneidet die erstere sehr gut ab. Sie erfüllt alle Anforderungen, die an eine Patienten wie Arzt wenig belastende, reproduzierbare, einfache und trotzdem sichere Untersuchungsmethode zu stellen sind. Der diagnostische Aussagewert wurde vor allem mit Hilfe angiographischer Kontrolluntersuchungen bewiesen.

1. 1. Allgemeines über Isotope und Einführung in die angiologische Diagnostik

Zur Einführung in die Radioxenonmethode, über die erstmals 1964 von LASSEN, N.A. und Mitarbeitern (21,27) berichtet wurde, sollen zunächst einige allgemeine Überlegungen zu Radioisotopen erwähnt werden. Isotope zu den einzelnen Elementen kommen in der Natur vor oder können durch Neutronenbeschuß künstlich hergestellt werden. Sie unterscheiden sich von den zugehörigen Elementen nur durch ein anderes Atomge-

wicht, bedingt durch die differierende Neutronenzahl. Dadurch ist die Stabilität des Atoms nicht mehr gewährleistet. Es zerfällt unter Aussendung radioaktiver, meßbarer Strahlung. In der Art der Strahlung und der physikalischen Halbwertzeit findet man große Unterschiede, die neben der biologischen Halbwertzeit bei der Auswahl eines Isotops als medizinisches Diagnosemittel eine bedeutende Rolle spielen.

Für die Untersuchungen peripherer Durchblutungsstörungen setzten erstmals 1944 SMITH, B.L. und E.H. QUIMBY (32) sowie 1948 S.S. KETY (17) ^{24}Na als Isotop ein. Man ging dabei von folgenden Überlegungen aus: Das als Muskeldepot applizierte Isotop wird über den Blutkreislauf abgebaut ("Clearance") und es können aus der daraus resultierenden Abnahme der Aktivität über dem Depot quantitative Rückschlüsse über die Durchblutungsverhältnisse an dieser Stelle gezogen werden. Die Verwendung dieses und anderer Isotope (z.B. ^{131}Jod) erwies sich aber aus verschiedenen Gründen als nicht sehr günstig, u.a. wegen der Schwierigkeiten bei der Diffusion durch Zellmembranen.

1. 2. Besondere Eigenschaften von ^{133}Xe

So berichteten schließlich im Jahre 1964 LASSEN, N.A., LINDBJERG, J. und MUNCK, O. (21,27) über Versuche mit ^{133}Xe-non als Radioisotop. Bei Xenon handelt es sich um ein inertes Edelgas, das sich im Gegensatz zu ^{24}Na eher lipophil verhält. So kommt es im Körper zu keinen chemischen Reaktionen und Zellmembranen stellen keine Schranken dar. Es kann also ungehindert aus einem im Gewebe gesetzten Depot auf dem Blutweg abtransportiert werden. Außerdem wird es im Körper nur durch die Lunge ausgeschieden, wobei je nach Lungenfunktion bei jedem Kreislaufdurchgang bis zu 90 % abgeatmet werden. Die physikalische Halbwertzeit beträgt 2,3 Tage. Da es sich bei Xenon, wie bereits erwähnt, um eine vorwiegend lipophile Substanz handelt - KETY, S.S. (18) -, war es naheliegend, daß von einigen Autoren der Einfluß des Fettgehaltes im Gewebe auf die Xenonclearance untersucht wurde. Eine wesentliche

Beeinflussung der Werte durch unterschiedlichen Fettgehalt des Muskels je nach Alter, Geschlecht usw. dürfte aber auf Grund der Untersuchungen von LINDBJERG, I.F. et al. (26) nicht gegeben sein. Insgesamt ergab sich bei diesen und anderen Versuchen, daß die Bestimmung der Muskelclearance im distalen Drittel des m. tibialis anterior die genauesten Ergebnisse erwarten läßt.

1. 3. Ableitung der Durchblutungsformel

Die Ableitung der Formel zur Berechnung der Muskelclearance erfolgt hier im wesentlichen nach den Angaben von PFLEGHAR, F. (30) und PECHARTSCHEK, W.D. (29) in Anlehnung an die Erstveröffentlichung von LASSEN, N.A., J. LINDBJERG und O. MUNCK (21). Aufgrund der bereits erwähnten besonderen Eigenschaften des Edelgases ^{133}Xe darf als Ausgangspunkt ein annähernd vollkommenes Diffusionsgleichgewicht des Gases zwischen Muskel und Blut nach intramuskulärer Injektion angenommen werden.

$$c_{\text{Muskel}} = \lambda \cdot c_{\text{Blut}} \quad [1]$$

Für den Verteilungskoeffizienten bestimmte CONN, H.L.jr. (8) experimentell einen Wert von $\lambda = 0{,}70$ bei einem Hämatokrit von 40. Der Hämatokritwert ist von gewisser Bedeutung, da nach Herstellung eines Gleichgewichts die Konzentration von Xenon wegen seiner lipophilen Eigenschaften in den Erythrozyten etwa dreimal größer ist als im Plasma. Der dadurch möglicherweise entstehende Fehler ist aber gering und kann im allgemeinen vernachlässigt werden.

Nach dem 1. Fick'schen Gesetz gilt:

$Q = F \cdot (Ca - C_v)$ [2]

Q = Menge des Xe in /u Ci im Gewebe zu beliebiger Zeit.

Q' = 1. Ableitung von Q nach der Zeit.

F = Blutfluß/min. in dem Gewebsblock, der das Isotop enthält.

c_a = arterielle Konzentration von ^{133}Xe in /u Ci/ml. c_a ist praktisch 0, da ein arterieller Rückfluß von Xe nicht erfolgt.

C_v = venöse Konzentration von ^{133}Xe in /u Ci/ml.

$F = \frac{1}{100} \cdot MDB \cdot G$ [3]

MDB ist die Blutdurchströmung pro 100 g Gewebe.
G ist das Muskelgewicht in Gramm.

[3] in [2] eingesetzt ergibt:

$MDB = - 100 \cdot Q' \cdot \frac{1}{G \cdot c_v}$ [4]

[4] in [1] eingesetzt ergibt:

$C_v \cdot G = \frac{1}{0,7} \cdot C_{Muskel} \cdot G = \frac{1}{0,7} \cdot Q$ [5]

[5] in [4] eingesetzt ergibt:

$MDB = - 70 \cdot \frac{Q'}{Q}$ [ml/100 g/min.]

Bei Verwendung von dekadischem Papier und Potentiometer kann die Clearancerate Q'/Q direkt aus der Tangente der geschriebenen Kurve entnommen werden:

$tg \alpha = d \cdot {}^{10}\log \frac{Q}{d\,t}$

$\ln 10 \cdot d \, {}^{10}\log \frac{Q}{d\,t} = d \cdot \ln \frac{Q}{d\,t} = \frac{Q'}{Q}$

Hieraus ergibt sich endlich für die Durchblutungsformel:

$MDB = - 70 \cdot \ln 10 \cdot d \, {}^{10}\log \frac{Q}{d\,t}$

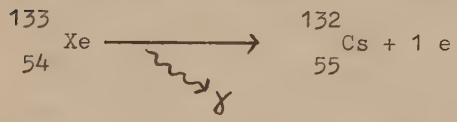
$= 161 \cdot D$ [ml/100 g/min.]

D stellt jenen Teil einer Dekade auf dem Papier dar, den die Zählrate in einer Minute abfällt.

1. 4. Das Meßgerät

Die Durchführung der Messungen für die vorliegende Arbeit richtet sich im wesentlichen nach der Methode, die LASSEN, N.A. und Mitarbeiter (21) angegeben haben. Vor der Beschreibung der praktischen Ausführung einer ^{133}Xe-Muskelclearance soll noch kurz die Funktionsweise des verwendeten Meßgeräts dargelegt werden. Das instabile Isotop ^{133}Xe wandelt sich durch β-Zerfall in Caesium um, wobei ein Neutron durch Emission eines Elektrons zu einem Proton wird. Dabei wird

zusätzlich Energie frei in Form von γ -Strahlung (in diesem Fall verhältnismäßig weiche Strahlung von 81 KeV).



Maßeinheit für solche Vorgänge ist das Curie.

1 Ci = 3,7 x 10^{10} Zerfälle/sec.

Diese γ-Strahlung wird mit einem Dualmeßstand der Firma P i c k e r - N u c l e a r gemessen, der mit zwei Szintillationszählern oder Kollimatoren (mit Thallium aktivierte Natriumjodidkristalle) bestückt ist. Treffen γ-Quanten auf den Kristall, so übertragen sie ihre Energie auf Sekundärelektronen, wodurch Lichtemissionen im Kristall erzeugt werden. Das Licht erregt eine Photokathode zur Aussendung von Elektronen, die in aufeinanderfolgenden Spannungsfeldern so beschleunigt werden, daß sie an der nächsten Elektrode jeweils ein mehrfaches ihrer ursprünglichen Elektronenzahl freisetzen. Auf diese Weise wird die Eingangsenergie so verstärkt, daß am Ende leicht meßbare Spannungsimpulse entstehen. Diese werden vom Gerät registriert und über eine wählbare Zeitspanne (Zeitkonstante T c) integriert. Das Integral der registrierten Impulse wird nach entsprechender Einstellung der Zeitkonstante auf ein Schreibgerät übertragen, wobei sich der Schreibbereich durch Spannungsänderungen noch zusätzlich variieren läßt.

Um den statistischen Fehler klein zu halten, muß dem Zählwerk eine möglichst hohe Zahl von Zerfällen/sec. angeboten werden. Da hierdurch aber auch die Strahlenbelastung für den Patienten hoch ist, wurde für die vorliegende Arbeit meist in einem Bereich von nur etwa 100 000 cpm gemessen, was einen statistischen Fehler von ungefähr 0,5 % zur Folge hat.

1. 5. Versuchsanordnung

Wie nun beispielsweise die Durchblutung des m. tibialis anterior am Unterschenkel bestimmt wird, soll im folgenden darge-

legt werden.
Der Patient legt sich bequem auf den Untersuchungstisch. Oberhalb des Knies werden um beide Oberschenkel Druckmanschetten angelegt, die mit einem Manometer verbunden sind. Sodann werden über dem distalen Drittel des m. tibialis anterior beidseits geeignete korrespondierende Stellen für die Injektion gesucht. Die Injektion des Xenon (gelöst in physiologischer Kochsalzlösung) erfolgt 1 - 2 cm tief in den Muskel. Es ist natürlich darauf zu achten, daß kein Gefäß getroffen wird. Außerdem sollen möglichst dünne Kanülen Nr. 17 oder 18 verwendet werden, um zu verhindern, daß Xenon durch den Stichkanal zurückströmt. Injiziert werden insgesamt 50 µ Ci ^{133}Xe, pro Bein also 25 µ Ci, was je nach Alter der Lösung einer Menge von 0,1 - 0,3 ml entspricht. Nun werden die beiden Kollimatoren senkrecht über den Injektionsstellen angesetzt (Abb.1). Nach kurzer Adaptionszeit, die das Xenon be-

Abbildung 1: Versuchsanordnung

nötigt, um sich in einem Depot von 4 - 5 cm^3 gleichmäßig zu verteilen, entsteht auf dem dekadisch eingeteilten Papier die linear geschriebene Ruhedurchblutungskurve. Nun werden Impulsmeßbereiche und Schreiber so eingestellt, daß die Pa-

pierbreite möglichst optimal ausgenützt ist. Als Zeitkonstante empfiehlt sich meist eine Einstellung von Tc = 3 sec. (für die Feststellung des Umschlagpunktes zur Hyperämiephase Tc = 0,1 - 1 sec.), wobei einerseits ein verhältnismäßig kontinuierlicher Kurvenverlauf gewährleistet ist und andererseits die Meßgenauigkeit auch für kürzere Zeitabschnitte nicht leidet.

Nach Ablauf von ca. 5 min. für die Bestimmung der Ruhedurchblutung wird durch Aufpumpen der Manschette bis 250 mmHg der arterielle Zustrom unterbunden. Daß dies sicher der Fall ist, kann man auch am Verlauf der Kurve sehen. Die Zählrate darf nicht weiter abnehmen. Dieser Stau wird für insgesamt 5 min. belassen. Die ersten 2 min. darf der Patient noch ruhig liegen, dann muß er für weitere 2 min. mit den Füßen kräftig und regelmäßig Plantar- und Dorsalflexionen durchführen. Die letzte Minute wird dazu benützt, die während der Arbeit des Patienten verschobenen Kollimatoren wieder genau über den Injektionsstellen anzulegen.

Nun wird der Stau schlagartig gelöst und der Zeitpunkt auf dem Papier markiert. Auch bei gefäßgesunden Versuchspersonen bemerkt man oft zunächst keine Veränderung im Kurvenverlauf. Eine Verzögerungsdauer bis zu 20 sec. gilt als physiologisch, dann sollte ein plötzlicher starker Abfall der Kurve einsetzen, der durch den vermehrten Abtransport von ^{133}Xe infolge einer reaktiven Hyperämie bedingt ist. Nach spätestens 2,5 min. muß sich bei normalen Durchblutungsverhältnissen die Kurve wieder auf den wesentlich flacheren Abfall der Ruhedurchblutung eingependelt haben.

Für die Entstehung der reaktiven Hyperämie sind sicher mehrere Faktoren verantwortlich. So nehmen z.B. ALLEN, E.V., D.J.P. BARKER und W.H.J. BUTTERFIELD (1) an, daß während einer künstlich erzeugten Ischämie der Gefäßtonus abnimmt. Nach LINDBJERG, J.F. (25) entsteht bei Ischämie und gleichzeitiger aktiver Muskelarbeit eine Gefäßdilation. GOLLWITZER-MEIER, K. und G. HILDEBRANDT (11) sehen die Ursache dafür in einer metabolischen Komponente in Form einer Anhäufung von Stoffwechselprodukten.

1. 6. Auswertung der Kurven

Zur Auswertung der Kurven bieten sich verschiedene Möglich-

keiten. An dieser Stelle sollen zwei Methoden, die sich wegen ihrer Einfachheit und Genauigkeit besonders anbieten, anhand eines willkürlich herausgegriffenen Beispiels kurz erläutert werden.

Die rechnerische Auswertung mit Hilfe der Logarithmentafel dürfte wohl die sicherste Methode sein. Der in Abbildung 2 ge-

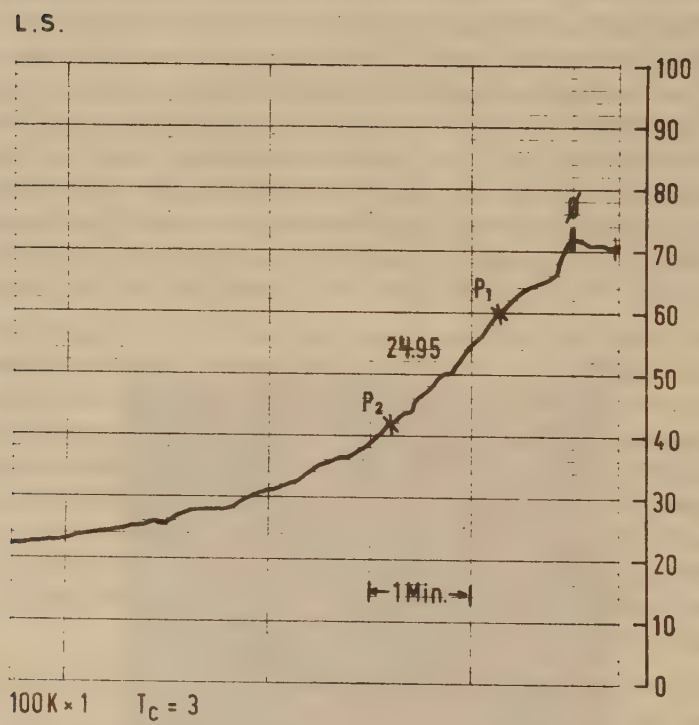


Abbildung 2: Ausschnitt aus einer Clearance-Kurve als Beispiel für die Auswertung

zeigte Teil einer Clearancekurve dient als Beispiel für eine derartige Berechnung. Um hier den Wert der Muskeldurchblutung bei Hyperämie zu bestimmen, sucht man zwei Punkte auf der Kurve im Abstand von einer Minute, zwischen denen

der stärkste Abfall der Zählrate liegen sollte. Da die Kurve in einem Impulsbereich von 100 K x 1 gefahren wurde, entspräche die gesamte Papierbreite 100 000 cpm. P_1 entspricht somit 60 000 cpm, P_2 42 000 cpm. Man benützt nun die allgemeine Formel (log Px - log Py) · 161 = MDB [ml/100 g/min.]
Es ergibt sich also:
MDB = (log 60 000 - log 42 000) · 161
MDB = 24,955 [ml/100 g/min.]

Als weitere Möglichkeit bietet sich die Auswertung mit dem Rechenschieber an, die im Prinzip völlig mit letztgenannter Methode übereinstimmt. Man dividiert P_1 durch P_2, liest dazu das Ergebnis auf der log-Skala ab und erhält nach Multiplikation dieses Resultats mit 161 den Wert für die Muskeldurchblutung. Für P_1 = 60 000 cpm und P_2 = 42 000 cpm ergibt sich folgender Wert:
MDB = 24,95 [ml/100 g/min.]

Man kann daraus ersehen, daß bei genauer Handhabung des Rechenschiebers Unstimmigkeiten höchstens an zweiter oder dritter Stelle hinter dem Komma auftreten können. Bei derartigen schon einer rein physiologischen Schwankungsbreite unterworfenen Werten dürfte aber ohnehin eine Angabe von mehr als einer Stelle hinter dem Komma von geringem Interesse sein. So ist für die Praxis die Kurvenauswertung mit dem Rechenschieber sicher die Methode der Wahl. Sie ist einfach, von genügender Exaktheit und die Auswertung einer gesamten Kurve erfordert im Höchstfall fünf Minuten. Die Bestimmung von Verzögerung und Dauer der reaktiven Hyperämie ist ebenfalls von großer Wichtigkeit für die Beurteilung einer Clearancekurve. Dies ist einfach, da das Papier des Schreibers mit einer Geschwindigkeit von 0,75 Zoll/min. läuft und in 0,75-Zoll-Abschnitte unterteilt ist.

1.7. Beurteilung der ausgewerteten Kurven

Die Werte, die in dieser Arbeit als Norm für gefäßgesunde Personen angenommen wurden, liegen für die Beindurchblutung in Ruhe zwischen 1,5 und 2,8 [ml/100 g/min.], in reaktiver Hy-

perämie nach Belastung zwischen 32 und 45 [ml/100 g/min.] . Bei der Messung der Armdurchblutung finden sich höhere Werte, und zwar ist normal in Ruhe 3,5 - 4,5 [ml/100 g/min.] , in der Hyperämiephase 50 - 60 [ml/100 g/min.] . Der Grund dafür liegt in einer höheren funktionellen Kapazität des arteriellen Systems des Arms im Vergleich zum Bein (BOLLINGER,A. (5)).

Die Verzögerung vom Lösen des Staus bis zum Einsetzen der reaktiven Hyperämie soll nicht mehr als 20 sec. und die Hyperämiephase nicht über 2,5 min. andauern. In Abbildung 3 ist

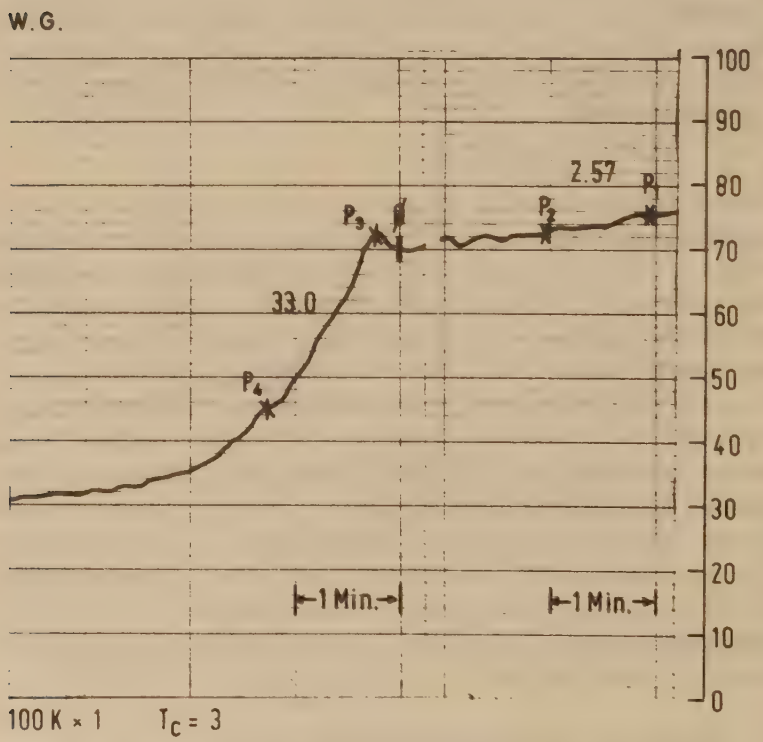


Abbildung 3: Clearancekurve eines 58-jährigen Mannes mit normalen Durchblutungsverhältnissen (rechter Unterschenkel)

eine Kurve mit normalen Durchblutungsverhältnissen wiedergegeben. Die Ruhedurchblutung beträgt 2,0 [ml/100 g/min.], die Hyperämie 33,0 [ml/100 g/min.] . Die Verzögerung von 20 sec. und die Dauer der Hyperämie von 2 min. liegen ebenfalls im Normbereich.

Daneben ist in Abbildung 4 die Kurve eines gefäßkranken Pa-

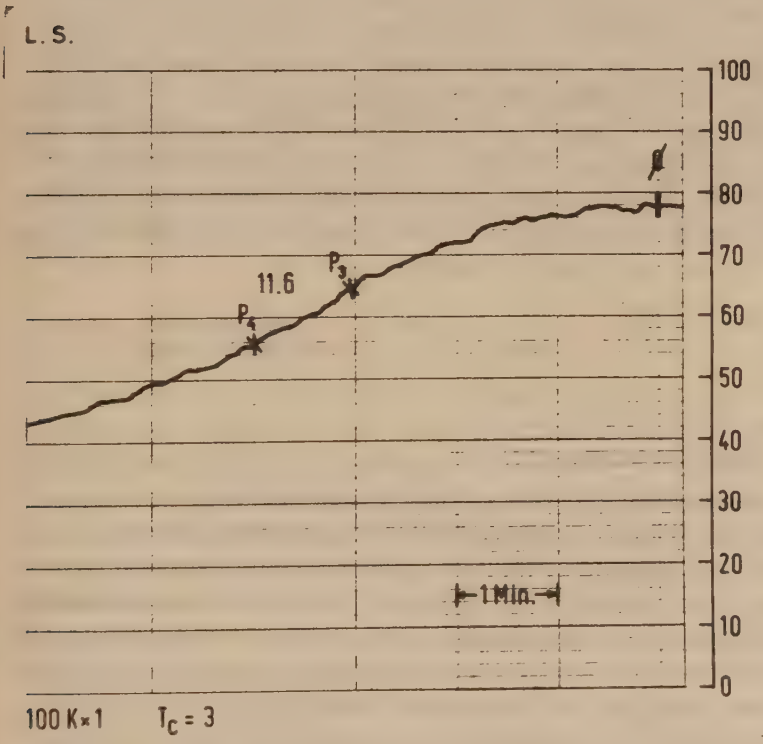


Abbildung 4: Clearancekurve eines 66-jährigen gefäßkranken Mannes

tienten dargestellt. Der Hyperämiewert ist mit 11,6 [ml/100 g/min] deutlich erniedrigt, während eine Ruhedurchblutung von 1,8 [ml/100 g/min.] , wie sie in diesem Fall vorlag, noch als normal anzusehen ist. Der diagnostische Wert der Ruhedurchblutungsbestimmung ist aber im allgemeinen sehr gering, wie auch schon

PECHARTSCHEK, W.D. (29; Seite 87) und PFLEGHAR, F. (30; Seite 52) feststellten. Sehr schön verdeutlicht dieses Beispiel die Wichtigkeit, die neben dem quantitativen Hyperämiewert auch der kritischen Beurteilung von Dauer und Verzögerung der Hyperämiephase zukommen. Setzt wie in Abbildung 4 nach einer Verzögerung von 40 sec. schleichend ein geringer Abfall der Kurve ein, der erst nach Verlauf etwa einer weiteren Minute stärker wird und dann 4 min. lang andauert, so kann dies als Beweis gelten, daß die Blutversorgung des Beines irgendwo durch Gefäßverschlüsse oder Stenosierungen beeinträchtigt ist. Der nach einer Minute stärker werdende Abfall ist durch die Funktion von Kollateralkreisläufen zu erklären. Daß diese Kollateralen im vorliegenden Fall insuffizient sind, ist aus dem stark erniedrigten Hyperämiewert ersichtlich. In anderen Fällen mit besser funktionierenden Kollateralen könnte aber bei Nichtbeachtung dieser Parameter ein pathologischer Befund leicht verschleiert werden.

2. Routinemessungen

In den folgenden Abschnitten sollen nun das Patientenkollektiv und die Untersuchungsergebnisse vorgestellt werden. Es ist dabei zu bemerken, daß bei allen untersuchten Patienten der dringende Verdacht auf pathologische Durchblutungsverhältnisse bestand oder die Diagnose bereits durch Angiographie abgesichert war, wie beim gefäßchirurgischen Patientenkollektiv. Es wurden insgesamt 90 Patienten (ohne gefäßchirurgisches Kollektiv) der II. Medizinischen Universitätsklinik München und ambulante Patienten der Untersuchung mit der Xenonclearance zugeführt. Dabei wurde bei 57 Männern und 25 Frauen die Beindurchblutung und bei 6 Männern die Armdurchblutung gemessen.

2. 1. M. temporalis und m. masseter

Bei einer 65-jährigen Patientin war angiographisch eine Stenose der linken arteria carotis externa festgestellt worden. Die mit ^{133}Xe gemessene Ruhedurchblutung des m. temporalis lag mit einem Mittelwert von 6,3 [ml/100 g/min.] um etwa 50 % niedriger, als für diesen Muskel zu erwarten gewesen wäre.

Die Ruhedurchblutung des rechten m. masseter wurde bei einer 39-jährigen Patientin der Universitäts-Zahnklinik München bestimmt, die sich dort wegen eines malignen Prozesses im Kieferbereich einer Strahlenbehandlung unterzog. Der Mittelwert bei der ersten Untersuchung lag bei 5,0 [ml/100 g/min.] . Nach vierwöchiger Bestrahlung ergab sich bei einer Kontrolluntersuchung ein Clearancewert von 11,9 [ml/100 g/min.] . Das bestrahlte Gebiet war leicht angeschwollen, stark gerötet und heiß.

2. 2. Normale und pathologische Werte der Bein- und Armdurchblutung

Bei der Messung der Beindurchblutung zeigten 5 Patienten beidseitig und 13 Patienten einseitig Normalwerte. Die mittlere Durchblutung in der Hyperämiephase betrug 36,7 [ml/100 g/min.] (N = 23; SD = $\pm$ 3,6). N bedeutet immer Zahl der gemessenen Extremitäten, nicht aber der Patienten. Auf die Ruhedurchblutung soll aus bereits früher erwähnten Gründen hier nicht eingegangen werden.

In den übrigen Fällen war die Durchblutung bei reaktiver Hyperämie pathologisch erniedrigt oder erhöht. Bei 122 Fällen mit erniedrigter Durchblutung ergab sich ein $\bar{x}_{Hyper.}$ von 15,9 [ml/100 g/min.] . In Tabelle 1 erfolgt eine Einteilung nach vier Schweregraden nach RATSCHOW und im Vergleich mit Ergebnissen früherer Autoren. Es zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung mit den beiden vorangegangenen Arbeiten.

Schweregrad	PFLEGHAR, F. (30)		FRAITZL, J. (9)		VERFASSER	
	N	$\bar{x}_{Hyper}$ [ml/100g/min]	N	$\bar{x}_{Hyper}$ [ml/100g/min]	N	$\bar{x}_{Hyper}$ [ml/100g/min]
I	13	25,6 ± 11,4	-	29,2 ± 1,01	16	26,8 ± 1,9
II	40	19,5 ± 7,7	-	23,9 ± 2,3	28	19,6 ± 2,3
III	58	11,4 ± 9,15	-	15,7 ± 2,4	43	11,9 ± 2,4
IV	35	7,2 ± 5,8	-	7,4 ± 3,0	35	5,5 ± 1,6

Tabelle 1: Mittelwerttabelle verschiedener Autoren für die reaktive Hyperämie Gefäßkranker, eingeteilt nach Schweregraden (System RATSCHOW)

Eine vergleichende Übersicht über die Ergebnisse der Xenonclearance einiger Autoren für Gesunde und Gefäßkranke wird in Tabelle 2 dargestellt. Unterschiede vor allem bei den Normalwerten lassen sich wahrscheinlich hauptsächlich durch verschiedene Arbeitsbelastung der Patienten während der Untersuchung erklären.

Autor	Gesunde $\bar{x}_{Hyper}$ [ml/100g/min]	Gefäßkranke $\bar{x}_{Hyper}$ [ml/100g/min]
LASSEN, N.A., et.al. (21)	54,9 <50 Jahre 51,8 >50 Jahre	17,1
LASSEN, M.A. (22)	55,8	17,4
LASSEN, M.A., et.al. (23)	48,3	15,1
LINDBJERG, I.F. (24)	64,8 <50 Jahre 52,2 >50 Jahre	25,8
PFLEGHAR, F.(30)	34,9	15,9
AMERY,A., et.al.(3)	57,2	
FRAITZL,J. (9)	38,6	19,0
VERFASSER	36,7	15,9

Tabelle 2: Vergleich von Muskelclearancewerten verschiedener Autoren für Gesunde und Gefäßkranke in reaktiver Hyperämie (übernommen von PFLEGHAR,F.(30) und erweitert)

Pathologisch erhöht war die Beindurchblutung in der Hyperämiephase bei 5 Patienten beidseitig und bei 8 Patienten einseitig. N = 18; $\bar{x}$ = 57,1 [ml/100 g/min.] .

Die Messung der Armdurchblutung ergab bei zwei Patienten mit hyperkinetischem Herzsyndrom erhöhte Werte, die im folgenden Abschnitt noch besprochen werden. Bei den übrigen 4 Patienten lagen die Werte für die Hyperämie weit unter der Norm.
$N = 8$; $\bar{x}_{Hyper} = 19{,}5$; $SD = \pm 9{,}2$.

2. 2. 1. Hyperkinetisches Herzsyndrom

Ein diagnostisch bereits gesichertes hyperkinetisches Herzsyndrom konnte bei allen 6 Patienten (Durchschnittsalter 24 Jahre) auch mit der Xenonclearance bestätigt werden. Die Clearance lag erwartungsgemäß hoch über den Normwerten. Nur bei einem Bein wurde ein Wert von 7,25 [ml/100 g/min.] gefunden, jedoch wurde dieser 15-jährige Patient nur untersucht, da der Verdacht auf eine Schädigung der arteria femoralis nach Herzkatheterisierung bestand. Bei 2 Patienten wurde die Armdurchblutung, bei 4 Patienten die Beindurchblutung gemessen.

MDB	N	$\bar{x}_{Hyper}$	$\pm$ S
Arme	4	78,8	14,8
Beine	7	62,5	13,7

Tabelle 3:
Mittelwertübersicht bei hyperkinetischem Herzsyndrom; MDB in ml/100 g/min. bei reaktiver Hyperämie

2. 3. Durchblutungswerte getrennt nach einigen Krankheitsbildern

Schließlich sollen hier noch die Ergebnisse einiger Gruppen von Patienten getrennt betrachtet werden nach Krankheitsbildern, die allgemein als "Risikofaktoren" für die Entstehung von Durchblutungsstörungen gelten.

2. 3. 1. Diabetes mellitus

Ein Diabetes mellitus war zum Zeitpunkt der Untersuchung bei 16 Patienten, darunter 12 Frauen, bekannt. Das Durchschnittsalter betrug etwa 60 Jahre. Der hohe Anteil von Frauen sagt

nur aus, daß nicht von allen Stationen der Klinik die Untersuchungsmöglichkeit mit der Xenonclearance in gleicher Weise genutzt wurde.

Fast alle Diabetiker leiden nach längerer Manifestation der Krankheit unter Angiopathien und die häufigste Todesursache sind Gefäßkomplikationen (etwa 80 %), nicht mehr das coma diabeticum (KUNTZ, E. (20) und ALEXANDER, K. (2)).

Nach den vorliegenden Messungen hatte eine Patientin beidseitig Normalwerte mit 38,1 bzw. 37,1 [ml/100 g/min.] in der reaktiven Hyperämie. Bei 4 Personen war die Durchblutung an einem Bein erniedrigt, am anderen normal oder erhöht. In den restlichen 11 Fällen zeigten sich beidseitig pathologische Werte (Tab. 4). Ein $\bar{x}_{Hyper}$ von 12,7 [ml/100 g/min.] läßt auf schwere Durchblutungsstörungen schließen. Auffällig ist vielleicht, daß sich bei den nicht geschädigten Extremitäten ein verhältnismäßig hoher Mittelwert ergibt ($\bar{x}_{Hyper}$ = 42,9 [ml/100 g/min]).

MDB	N	$\bar{x}$	$\pm$ S
erniedrigt	26	12,7	7,1
normal oder erhöht	6	42,9	5,15

Tabelle 4: Mittelwertübersicht bei Diabetikern. MDB in ml/100 g/min bei reaktiver Hyperämie

2. 3. 2. Hypertonie

7 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 49 Jahren waren wegen einer Hypertonie in Behandlung, darunter eine Frau. In drei Fällen wurde hier die Armdurchblutung gemessen, die immer stark erniedrigt war. Die Messung der Beindurchblutung in den restlichen 4 Fällen zeigte ähnliche Ergebnisse (Tab.5). Nur 2 Patienten hatten an einem Bein noch normale Werte (37,4

bzw. 37,2 [ml/100 g/min.]), die übrigen Werte waren stark pathologisch.

MDB	N	$\bar{x}$	$\pm$ S
Arm	6	16,5	7,35
Bein	6	15,7	6,6

Tabelle 5: Mittelwertübersicht bei Hypertonikern. MDB in ml/100 g/min. bei reaktiver Hyperämie

2. 3. 3. Hypertonie und Diabetes mellitus

Die schlechteste Muskelclearance brachte eine Gruppe von 6 Patienten (5 Frauen, 1 Mann) im Durchschnittsalter von 71 Jahren, bei denen gleichzeitig Diabetes mellitus und Hypertonie bestand.

N = 12 $\bar{x}$ = 8,7 [ml/100 g/min.] SD = $\pm$ 4,8

Das hohe Durchschnittsalter ist sicher nicht allein ausschlaggebend für ein solches Ausmaß an Gefäßschädigungen, vielmehr zeigt sich hier deutlich, wie verheerend Diabetes und Hypertonie sich auf das menschliche Gefäßsystem auswirken können.

3. Gefäßchirurgisches Kollektiv

Bei einem Kollektiv von 30 Patienten der gefäßchirurgischen Abteilung der Chirurgischen Universitätsklinik München wurde vor einem operativen Eingriff die Beindurchblutung gemessen. 19 dieser Patienten konnten postoperativ nachuntersucht werden. Die 1. postoperative Nachuntersuchung fand dabei etwa 10 Tage nach dem Eingriff, die 2. postoperative Nachuntersu-

chung nach 6 - 8 Wochen statt. Diese Fälle wurden zusammen mit früher an 37 gefäßchirurgisch behandelten Patienten ermittelten Ergebnissen einer genaueren statistischen Auswertung unterzogen. Die Operationen wurden nach drei verschiedenen Methoden durchgeführt (Sympathektomie, Thrombarteriektomie, Bypass). Die Xenonclearance stellt für gefäßchirurgische Fälle einen besonders geeigneten Prüfparameter dar, da sie vor allem postoperativ eine wesentlich geringere Belastung und Gefahr für den Patienten bringt als beispielsweise eine angiographische Untersuchung und trotzdem sichere Rückschlüsse auf die Durchblutungsverhältnisse erlaubt. Die Resultate der Therapiekontrolle mit Hilfe der Xenonclearance werden im folgenden getrennt erläutert und diskutiert.

3. 1. Sympathektomie (SE)

Die einseitige oder beidseitige Sympathektomie wirkt als dauernde Grenzstrangblockade. Dies sollte nach ursprünglicher Auffassung eine ständige Weitstellung der betroffenen Gefäße durch Ausschaltung der den Gefäßtonus beeinflussenden Nervenfasern bewirken. Somit wäre eine Herabsetzung des peripheren Widerstands und dadurch allgemein eine bessere Durchblutung zu erwarten. Daß die Verhältnisse aber nicht so einfach liegen und nur mit Einschränkungen von einer durchblutungsfördernden Wirkung der Sympathikusblockade gesprochen werden kann, ist heute allgemein bekannt. Die hier folgenden Untersuchungen bestätigen dies ebenfalls.

3. 1. 1. Einzelfälle und Trendstatistik

Wie aus Tabelle 6 und der Darstellung der Einzelfälle (Abb. 5 und 6) hervorgeht, hatte sich bei der 1. postoperativen Nachuntersuchung (N_{gesamt} = 29) die Ruhedurchblutung in 10 Fällen gebessert, in 3 Fällen blieb sie gleich und in 16 Fällen verschlechterte sie sich. In der Hyperämie war an 7 Beinen postoperativ die Durchblutung besser, an 2 Beinen gleich und an 20 Beinen (68,9 %) schlechter. Bei einer 2. postoperativen Nachuntersuchung (N_{gesamt} = 14) waren gegenüber den praeoperativen Werten nur noch 4 Durchblutungen in der Hyperämie ver-

Gruppe			präop./postop. I						präop./postop. II								postop. I/ postop. II							
		N	besser		gleich		verschl.			N	besser		gleich		verschl.			N	besser		gleich		verschl.	
			N	%	N	%	N	%			N	%	N	%	N	%			N	%	N	%	N	%
SE	R	29	10	34,5	3	10,3	16	55,2	R	14	6	42,9	1	7,1	7	50	R	14	8	57,1	1	7,1	5	35,7
	H	29	7	24,2	2	6,9	20	68,9	H	14	10	71,4			4	28,6	H	14	10	71,4			4	28,6

Tabelle 6: Trendstatistik für Sympathektomie

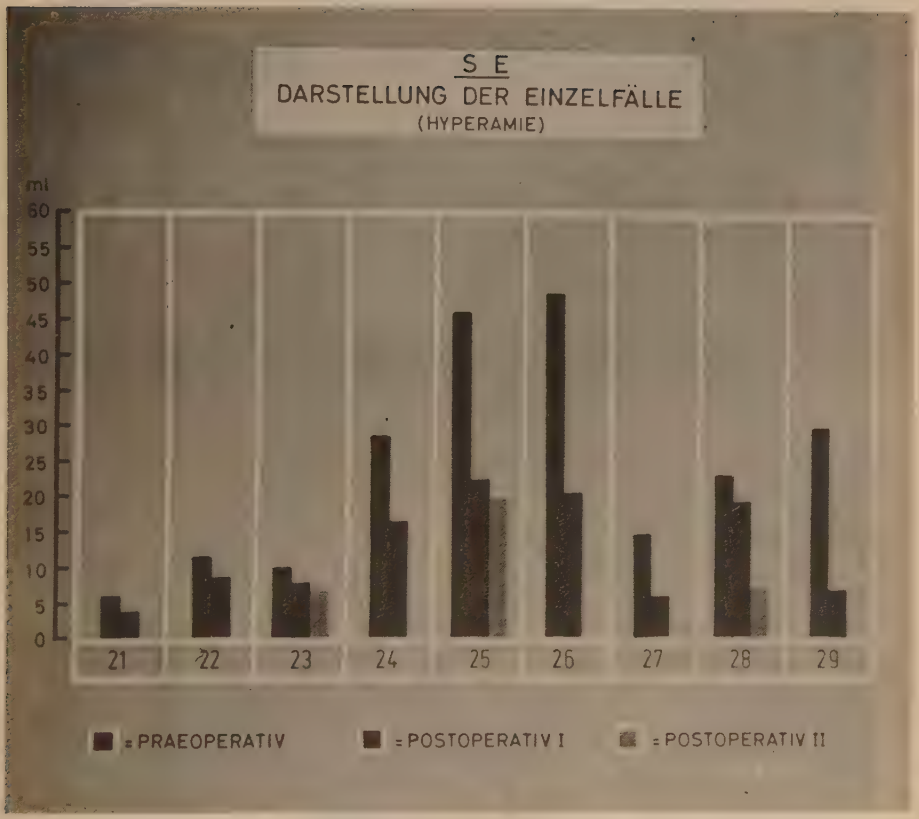


Abbildung 5: SE Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie, [ml/100 g/min.])

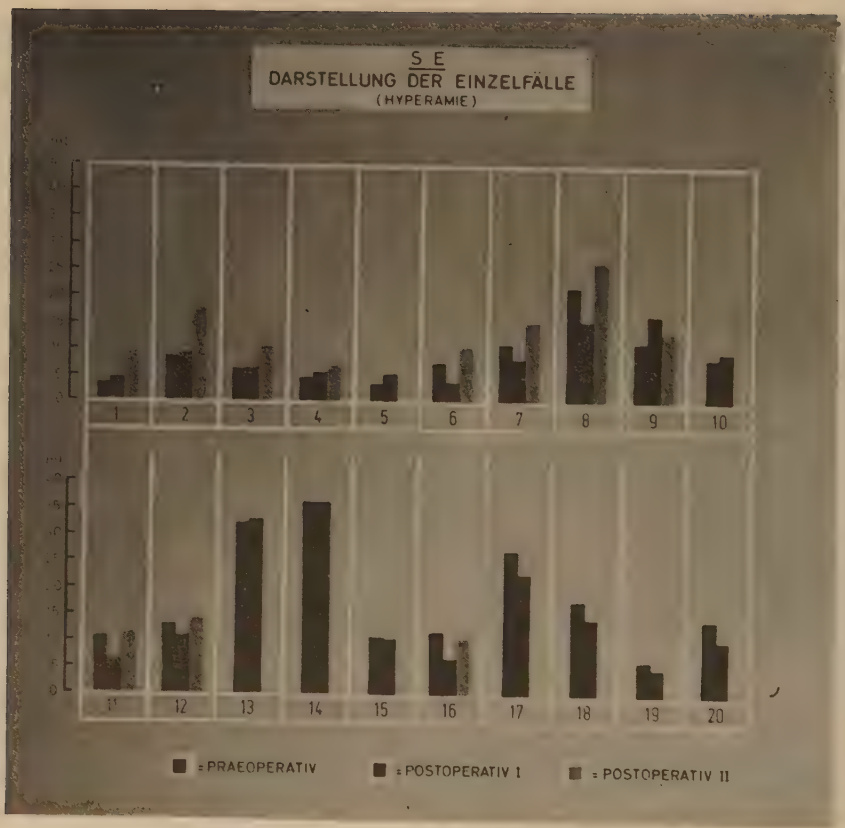


Abbildung 5: SE Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie, [ml/100 g/min.])

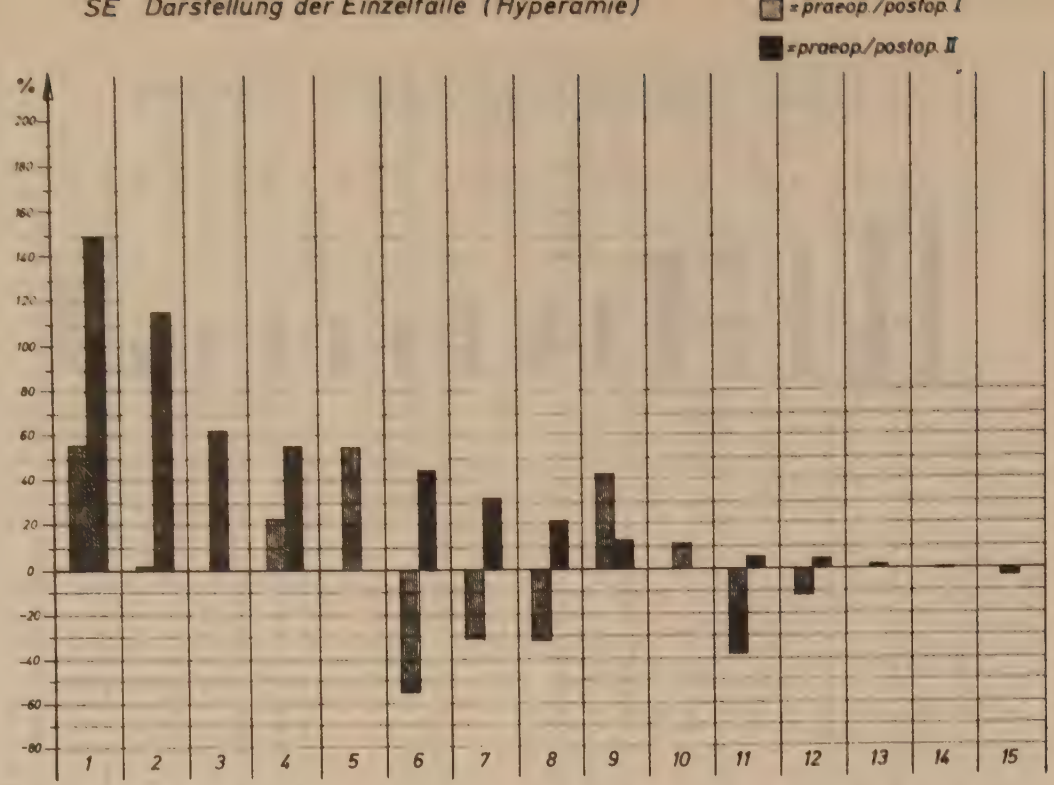


Abbildung 6: SE Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie)
(Δ in % vom praeoperativen Ausgangswert)

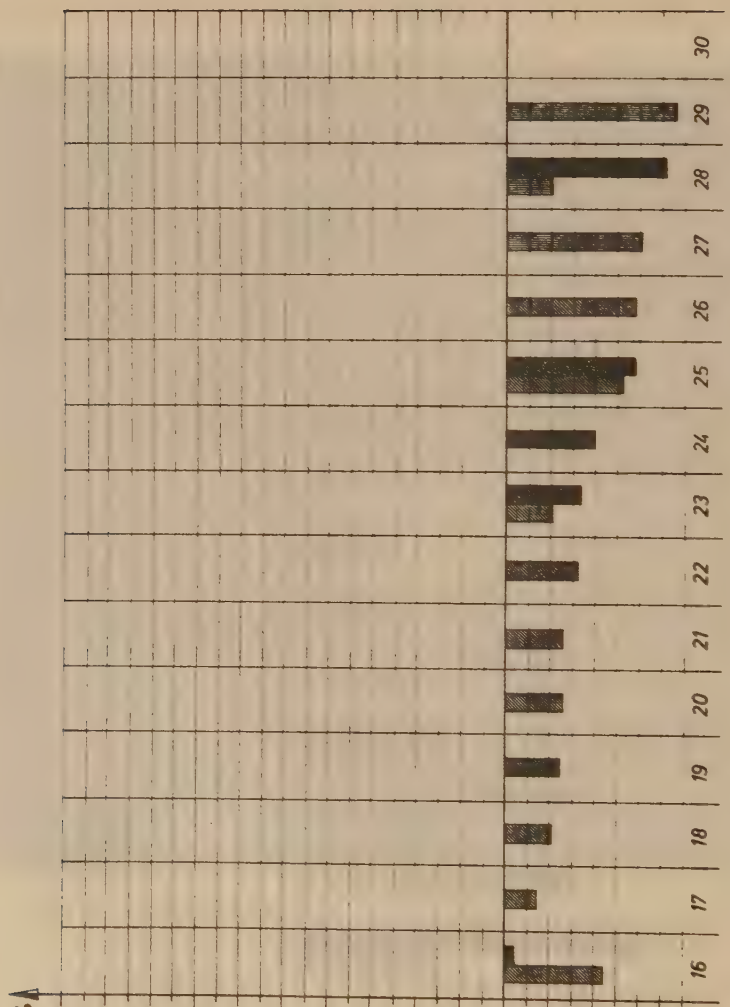


Abbildung 6: CE Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie)
(Δ in % vom praeoperativen Ausgangswert)

schlechtert, während 10 Fälle eine bessere Durchblutung zeigten. Aus Abbildung 5 läßt sich auch ersehen, daß die praeoperativen Ausgangswerte meist sehr schlecht waren.

3. 1. 2. Mittelwertübersicht und Signifikanzprüfung

An 29 gemessenen Beinen fiel die Ruhedurchblutung von $\bar{x}$ = 1,51 praeoperativ auf $\bar{x}$ = 1,27 [ml/100 g/min.] postoperativ ab. Dieser durchschnittliche Abfall um 15,7 % ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit (I.W.) von 2,5 % statistisch signifikant. Ebenso verringerte sich auch die Durchblutung in der Hyperämiephase von $\bar{x}$ = 16,4 auf $\bar{x}$ = 11,8 [ml/100 g/min.] postoperativ um 27,9 %. Auch dieses Ergebnis ist mit einer I.W. von 0,5 % signifikant. Zwischen praeoperativer Messung und 2. postoperativer Messung in 14 Fällen besteht eine Verringerung der mittleren Hyperämiedurchblutung um 6,5 %, zwischen 1. und 2. postoperativer Messung ein Anstieg von 25,1 %. Für die beiden letztgenannten Werte sowie für die entsprechenden Ruhedurchblutungswerte ergibt sich jedoch keine Signifikanz mehr. Sämtliche Ergebnisse sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 zusammengefaßt. Tabelle 9 bringt die Mittelwerte der gebesserten Fälle (Hyperämie).

Bei der Verzögerung und Dauer der Hyperämie finden sich keine erwähnenswerten Veränderungen (Tab. 7) und keine Signifikanz (Tab. 10).

3. 1. 3. Diskussion

Der signifikante Abfall der Muskeldurchblutung zwischen praeoperativer und 1. postoperativer Messung in Ruhe und Hyperämie kann für die heute gültige Theorie über die Wirkung einer lumbalen Sympathikusblockade als weiterer Beweis gelten. Man nimmt an, daß durch Blockade der α-Rezeptoren vor allem eine Weitstellung der Hautgefäße erfolgt, nicht jedoch der Muskelgefäße. Die Weitstellung letzterer setzt eine Erregung der β-Rezeptoren voraus, die jedoch nach Sympathektomie ebenfalls ausgeschaltet sind. GOODMAN, L.S., GILMAN, A. (12); GOTTSCH W., W., W. [illegible], H.D. FIAD und J. [illegible] (15); HERKOWITZ, A., G. HOPF und G. BUBLITZ (35); BROWNELL, G. (6).

Gruppe	praeoperativ						postoperativ I						postoperativ II					
	N	Verz.d. Hyp.	Dauer d.Hyp.	MDB			N	V sec	D min	MDB			N	V sec	D min	MDB		
					$\bar{x}$	$\pm s$					$\bar{x}$	$\pm s$					$\bar{x}$	$\pm s$
SE	29	37	2,8	R	1,51	0,86	29	43	2,6	R	1,27	0,89	14	27	2,3	R	1,30	1,06
				H	16,4	12,45				H	11,83	8,31				H	12,31	5,6

Tabelle 7: Mittelwertübersicht für SE. MDB in ml/100 g Muskel/min. Verzögerung der Hyperämie in sec, Dauer der Hyperämie in min.

Gruppe		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I/postop.II				
		N	$\Delta \bar{x}_1$	Δ in% von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}_1$	Δ in% von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}_1$	Δ in% von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
[illegible]	R	2[illegible]	-0,24	15,7	2,36	2,5	14	0,16	14,0	0,66	50	14	0,407	44,5	1,69	20
	H	2[illegible]	-4,57	27,9	3,15	0,5	14	-0,86	6,5	0,34	70	14	2,47	25,1	1,54	20

Tabelle 8: Differenzwertstatistik innerhalb der Gruppen mit Signifikanzprüfung MDB. $\bar{x}$ in ml/100 g/min.

Gruppe		Praeop./post-op.I			praeop./post-op.II			postop.I/post-op.II		
		N	$\bar{x}$	Δ in % v. $\bar{x}_1$	N	$\bar{x}$	Δ in % v. $\bar{x}_1$	N	$\bar{x}$	Δ in % v. $\bar{x}_1$
SE	$\bar{x}_1$	8	9,36	14,2	10	9,50	36,1	10	7,31	73,9
	$\bar{x}_2$	8	10,69		10	12,93		10	12,71	

Tabelle 9: Mittelwerte der gebesserten Fälle (MDB, Hyperämie)($\bar{x}$ in ml/100 g/min.)

Gruppe		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I/postop.II				
		N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
SE	V"	29	6,38	17,2	1,34	20	14	-5,36	16,6	0,64	60	14	-21,78	44,6	2,03	5
	D'	29	-0,206	7,4	1,21	30	14	0,57	32,9	1,0	30	14	0,73	48,9	1,38	20

Tabelle 10: Differenzwertstatistik innerhalb der Gruppen mit Signifikanzprüfung. Verzögerung und Dauer der Hyperämie (V in sec., D in min.)

Für diese Theorie sprechen auch die Angaben von RAPAPORT, S.I. et al. (31). Vor und nach medikamentöser Sympathikusblockade wurde gleichzeitig mit Hilfe der Venenverschlußplethysmographie (V.V.P.) und der Muskelclearance (^{131}J) die Durchblutung gemessen. Nach der Blockade war regelmäßig der V.V.P.-Wert erhöht, der Clearancewert aber niedriger. Da durch die V.V.P. die Hautdurchblutung zwangsläufig miterfaßt wird, sprechen diese Ergebnisse für eine Verbesserung der Hautdurchblutung, wahrscheinlich teilweise auf Kosten der Muskeldurchblutung.

Wie erklärt sich aber dann die postoperative Verbesserung bei einigen Patienten? Es wird angenommen, daß diese Personen ursprünglich unter einer Angiopathie spastischer Art litten. F.L. PEARL (28) spricht von angiospastischer Claudicatio und ist übereinstimmend mit N.E. FREEMAN und H. MONTGOMERY (10) der Ansicht, daß eine Erhöhung der Muskeldurchblutung nach Sympathektomie Beweis für einen vorher vorhanden gewesenen pathologischen Gefäßspasmus ist.

Die subjektiven Angaben der Patienten über den Operationserfolg fallen unterschiedlich aus. Nur bei wenigen verschwand oder besserte sich die Claudicatio intermittens, einige klagten über noch größere Beschwerden als vor der Operation. Fast alle aber gaben an, daß die Haut am betroffenen Bein nach der Operation wesentlich wärmer geworden sei. In einigen wenigen Fällen sprachen Patienten trotz objektiv verschlechterter Xenonclearance von einer Besserung. HESS, H. (14) erklärt dies damit, daß bei der Sympathektomie auch zentripetale, im Grenzstrang verlaufende Schmerzfasern durchtrennt werden.

Der Anstieg der mittleren Durchblutung zwischen 1. und 2. postoperativer Messung (s.a. Abb. 5 und 6) ist leicht erklärbar. Die erste Nachuntersuchung fand meist noch während des stationären Aufenthaltes statt, die zweite Messung aber erst nach etwa 8 Wochen. Es dürfte kein Zweifel bestehen, daß nach dem Operationsschock und der Liegezeit im Krankenhaus die Muskeldurchblutung, insbesondere bei geschädigtem Gefäßsystem, niedriger liegt als nach achtwöchigem Training. Es liegt auch der Verdacht nahe, daß bei der 2. postoperativen Nachuntersuchung, wo ja die Zahl der gebesserten Fälle überwiegt (Tab.6), kein

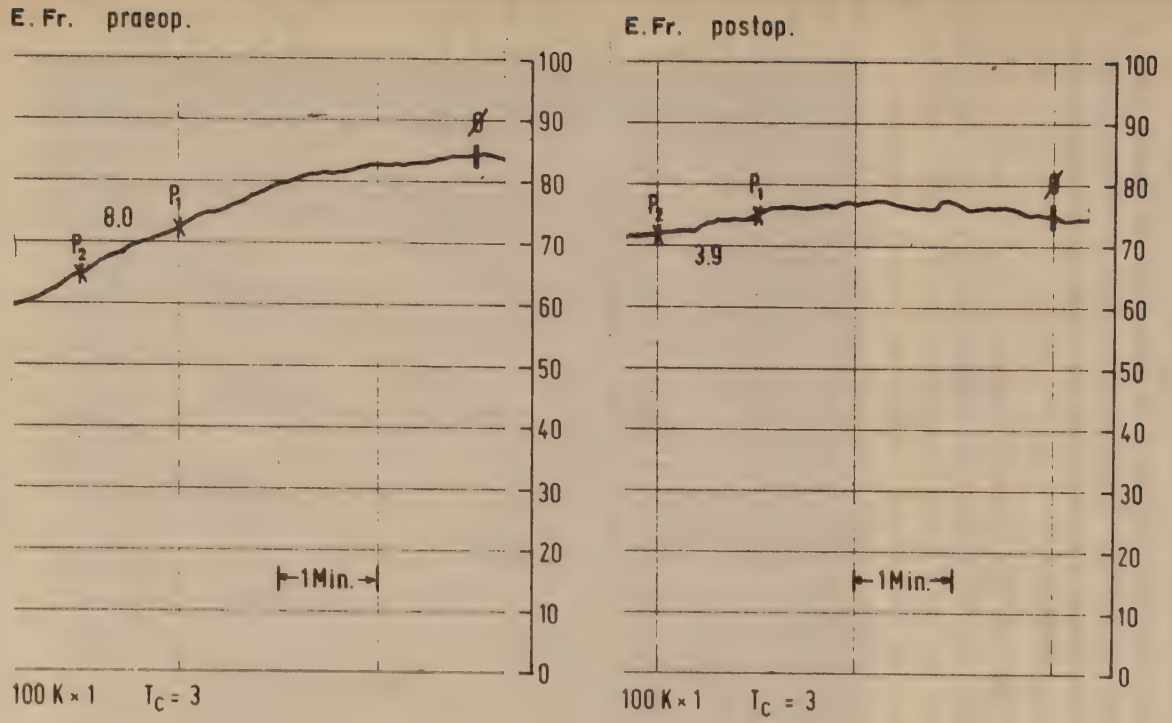


Abbildung 7: Clearance-Kurve vor und nach SE bei einem 65-jährigen Patienten (Hyperämie)

repräsentativer Querschnitt mehr erfaßt werden konnte. Man kann mit ziemlicher Sicherheit davon ausgehen, daß es gerade die Personen mit verschlechterten Werten waren, bei denen eine 2. Nachuntersuchung nicht erfolgen konnte, sei es wegen Amputation des betroffenen Gliedes, sei es wegen Enttäuschung über den Operationserfolg.

Insgesamt kann man aus diesen Ergebnissen den Schluß ziehen, daß die Muskeldurchblutung nach Sympathektomie sich meist mehr oder weniger verschlechtert. Trotzdem ist die Sympathektomie sicher in vielen Fällen die letzte und einzige Möglichkeit, trophische Störungen durch Verbesserung der Hautdurchblutung zu vermeiden und so wenigstens den Versuch zu machen, ein Bein vor der Amputation zu retten. Daß dies nicht immer gelingt, zeigen zumindest drei aus vorliegendem Patientenkollektiv bekannt gewordene Fälle, wo kurze Zeit nach der Sympathektomie die Amputation doch noch erfolgen mußte.

Abschließend soll noch anhand von Abbildung 7 ein typischer Verlauf von prae- und postoperativer Xenonclearance bei einem 65-jährigen Patienten vorgestellt werden. Praeoperativ setzt die Hyperämie schleichend ein. Erst nach etwa 2 Minuten beginnt ein stärkerer Kurvenabfall ($\bar{x}_{Hyper} = 8{,}0$ [ml/100 g/min.]), der 5 Minuten anhält. Postoperativ beginnt nach 5 Minuten Verzögerung endlich ein leichter Abfall ($\bar{x}_{Hyper} = 3{,}9$ [ml/100 g/min]). Die Verschlechterung der Muskeldurchblutung ist eindeutig.

5. 2. Thrombendarteriektomie (TEA)

Man versteht darunter die Ausschälung eines Verschlußzylinders mitsamt pathologisch veränderten Intimaanteilen aus einer Arterie. Anschließend wird das Gefäß meist mittels Streifenplastik verschlossen, um neue Stenosen oder Obliterationen auf Grund von Narbenbildung zu vermeiden. Auf diese Weise sollte theoretisch eine völlige Wiederherstellung der ursprünglichen Strombahn gelingen.

3. 2. 1. Einzelfälle und Trendstatistik

Bei allen Patienten (N = 7), deren Ergebnisse für diese Arbeit vorlagen, trat zumindest anfänglich eine postoperative Besserung in der Hyperämiephase ein. Bei einem Vergleich zwischen 1. und 2. postoperativer Messung (N = 2) verschlechterten sich beide Fälle, gegenüber der praeoperativen Messung war aber nur ein Fall bei der 2. postoperativen Nachuntersuchung verschlechtert (Abb. 8 und 9; Tab. 11).

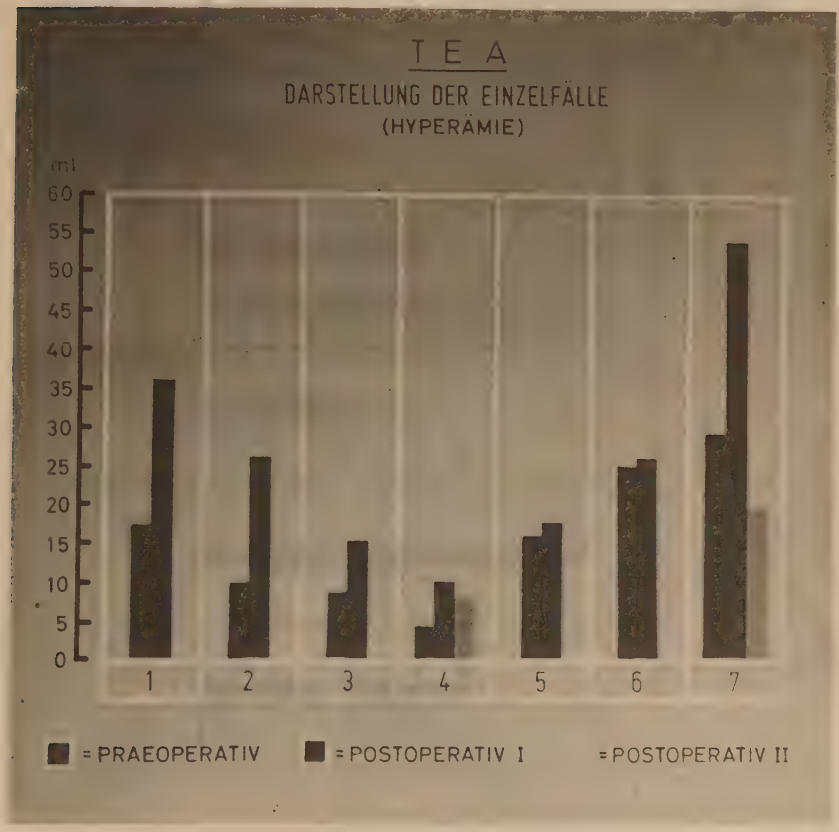


Abbildung 8: TEA Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie, ml/100 g/min.)

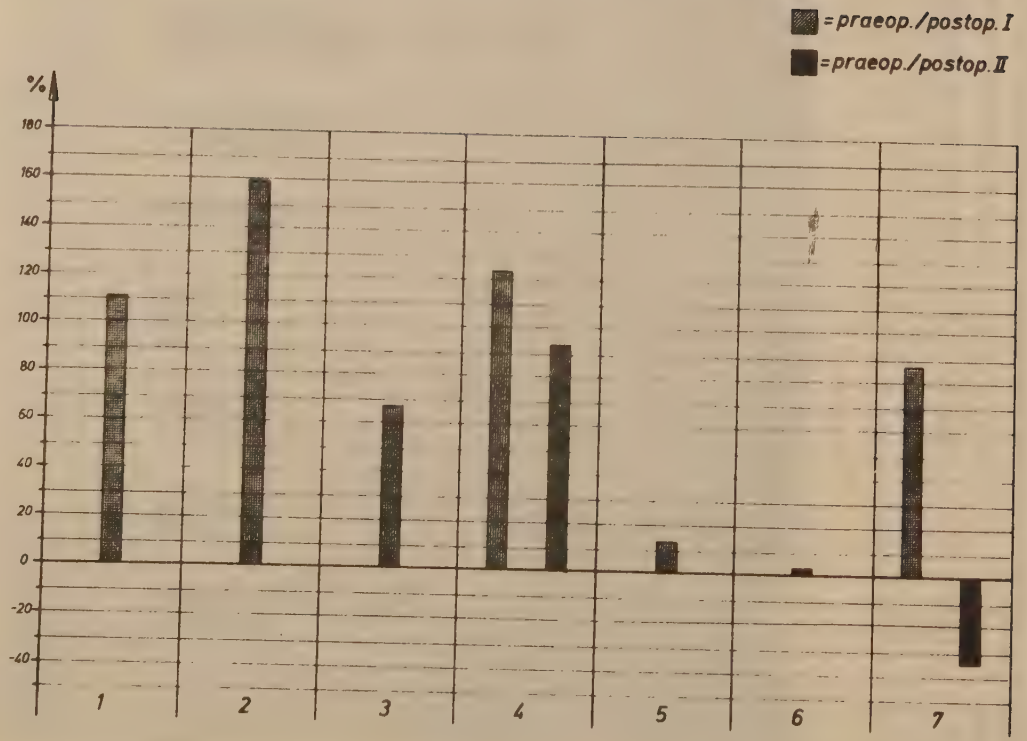


Abbildung 9: TEA Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie)
(Δ in % vom praeoperativen Ausgangswert)

Gruppe		praeop./postop.I							praeop./postop.II							postop.I/postop.II						
		N	besser		gleich		verschl.		N	besser		gleich		verschl.		N	besser		gleich		verschl.	
			N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%
TEA	R	7	4	57,1			3	42,9	R 2	1	50,0			1	50,0	R 2	1	50,0			1	50,0
	H	7	7	100					H 2	1	50,0			1	50,0	H 2					2	100

Tabelle 11: Trendstatistik für Thrombendarteriektomie

3. 2. 2. Mittelwertübersicht und Signifikanzprüfung

Die Ruhedurchblutung verringerte sich bei N = 7 von $\bar{x}$ = 1,56 auf $\bar{x}$ = 1,31 [ml/100 g/min.] postoperativ ohne Signifikanz. Dagegen stieg die Hyperämiedurchblutung von $\bar{x}$ = 16,0 auf $\bar{x}$ = 26,8 [ml/100 g/min.] postoperativ um 67,5 %. Dieser Anstieg ist bei einer I.W. von 2,5 % signifikant. Zwischen praeoperativer und 2. postoperativer Messung (N = 2) besteht ein durchschnittlicher Abfall von 57,2 % bei der reaktiven Hyperämie. Diese Ergebnisse sind aber, wie auch alle Werte der Ruhedurchblutung, biologisch nicht signifikant (Tab. 12 und 13).

Die Verzögerung der Hyperämie verringerte sich von 36 sec. auf 19 sec. postoperativ (Tab. 12) um 47,6 %. Die Signifikanz ist aber mit einer I.W. von etwas über 5 % gerade nicht mehr gegeben. Bei der Dauer der Hyperämie gab es keine wesentlichen Veränderungen und ebenfalls keine Signifikanz (Tab. 14).

An dieser Stelle sollen noch die Ergebnisse bei einem Patienten nach TEA im Bereich der a. axillaris erwähnt werden. Die Armdurchblutung erhöhte sich in diesem Fall von 1,9 auf 3,2 [ml/100 g/min.] in Ruhe und von 4,65 auf 28,0 [ml/100 g/min.] um 508,6 % in der Hyperämiephase.

3. 2. 3. Diskussion

Es fand sich ein signifikanter Anstieg der Hyperämiedurchblutung zwischen praeoperativer und 1. postoperativer Nachuntersuchung. Die durchschnittliche Verzögerung verringerte sich eindrucksvoll, wenn auch nicht signifikant. Ob in dem einen Fall, wo bei der 2. postoperativen Messung gegenüber der praeoperativen eine Durchblutungsverschlechterung eintrat, an der Operationsstelle erneut ein Verschluß auftrat oder ob es sich um einen obliterierenden Prozeß an anderer Stelle handelte, muß dahingestellt bleiben. Auch die Verringerung der Durchblutung zwischen 1. und 2. postoperativer Messung in zwei Fällen darf wohl nicht als Beweis dafür gewertet werden, daß allgemein mit Rezidiven am operierten Gefäß zu rechnen ist.

Gruppe	praeoperativ						postoperativ I						postoperativ II					
	N	Verz.d. Hyp. sec.	Dauer d. Hyp. min.	MDB			N	V sec	D min	MDB			N	V sec	D min	MDB		
					$\bar{x}$	$\pm$S					$\bar{x}$	$\pm$S					$\bar{x}$	$\pm$S
TEA	7	36	2,5	R	1,46	0,75	7	19	2,1	R	1,31	0,54	2	15	1,25	R	1,52	0,6
				H	16,0	8,97				H	26,80	14,97				H	13,85	7,28

Tabelle 12: Mittelwertübersicht für TEA. MDB in ml/100 g/min.

Gruppe		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I./postop.II				
		N	$\bar{\Delta}$ $\bar{x}$	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}$ $\bar{x}$	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}$ $\bar{x}$	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
TEA	R	7	-0,15	10,3	1,30	20	2	-0,32	17,4	0,08	95	2	0,07	4,8	0,1	95
	H	7	10,8	67,5	5,03	25	2	-3,0	17,8	0,41	80	2	-18,55	57,2	1,08	50

Tabelle 13: Differenzwertstatistik mit Signifikanzprüfung für TEA (MDB) $\bar{x}$ in ml/100 g/min.

Gruppe		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I/postop.II				
		N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
TEA	V"	7	-17,14	47,6	2,70	5	2	0				2	-5	25,0	1,0	50
	D'	7	- 0,35	14,0	0,7	50	2	0,25	25,0	1,0	50	2	0			

Tabelle 14: Differenzwertstatistik mit Signifikanzprüfung für TEA Verzögerung und Dauer der Hyperämie (Verzögerung der Hyperämie in sec., Dauer in min.)

Soweit sich dies bei der geringen Zahl der Fälle sagen läßt, muß insgesamt die Thrombendarteriektomie als erfolgversprechender Eingriff gewertet werden, zumindest was die Früherfolge betrifft. TØNNESEN, K.H. (34) kommt zu noch besseren Ergebnissen, was an der Auswahl des Patientenguts liegen mag. Er ermittelte bei 5 Patienten nach TEA eine Besserung der Clearancewerte von über 200 %. Auch bei einigen anderen Autoren findet sich eine positive Beurteilung der TEA (33,15,7,16, 4). Der Prozentsatz gefäßgeschädigter Patienten, die für diesen Eingriff in Frage kommen, ist aber verhältnismäßig gering, da sich Angiopathien normalerweise auf größere Abschnitte des Gefäßsystems erstrecken. So gelingt eine "restitutio ad integrum" nur in seltenen Fällen, wie auch die Darstellung der Einzelfälle in Abbildung 8 erkennen läßt, selbst wenn eine völlige Wiederherstellung der Strombahn in einem begrenzten Gefäßteil zu verwirklichen ist.

3. 3. Kombination von TEA und SE

Ziemlich häufig wird die Thrombendarteriektomie aus Gründen, die bereits im letzten Abschnitt angesprochen wurden, mit einer Sympathektomie kombiniert.

3. 3. 1. Einzelfälle und Trendstatistik

Es kamen 10 Fälle zur Auswertung. Davon hatten sich bei der 1. postoperativen Nachuntersuchung acht Fälle in der Hyperämie verbessert, zwei geringfügig verschlechtert. Bei der 2. postoperativen Nachuntersuchung (N = 4) waren gegenüber der Messung vor der Operation 3 Fälle gebessert, ebenso gegenüber der 1. postoperativen Messung (Abb.10 und 11; Tab.15).

3. 3. 2. Mittelwertübersicht und Signifikanzprüfung

Die Hyperämiedurchblutung stieg von $\bar{x}$ = 14,2 auf $\bar{x}$ = 18,6 [ml/ 100 g/min.] bei der 1. postoperativen Nachuntersuchung. Dies entspricht einer durchschnittlichen Verbesserung um 31,1 %, die bei einer I.W. von etwas über 5 % gerade nicht mehr signifikant ist. Die Steigerung um 67,4 % bei der 2. postoperativen

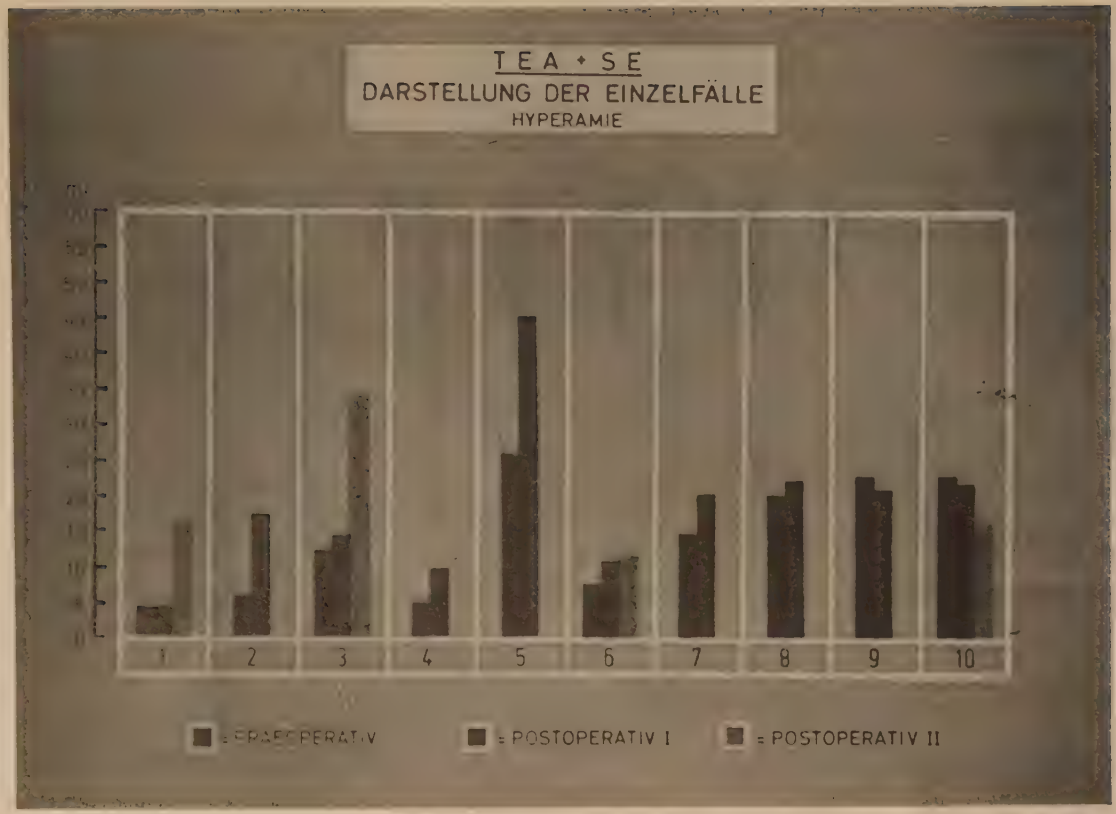


Abbildung 10: TEA und SE. Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie, ml/100 g/min.)

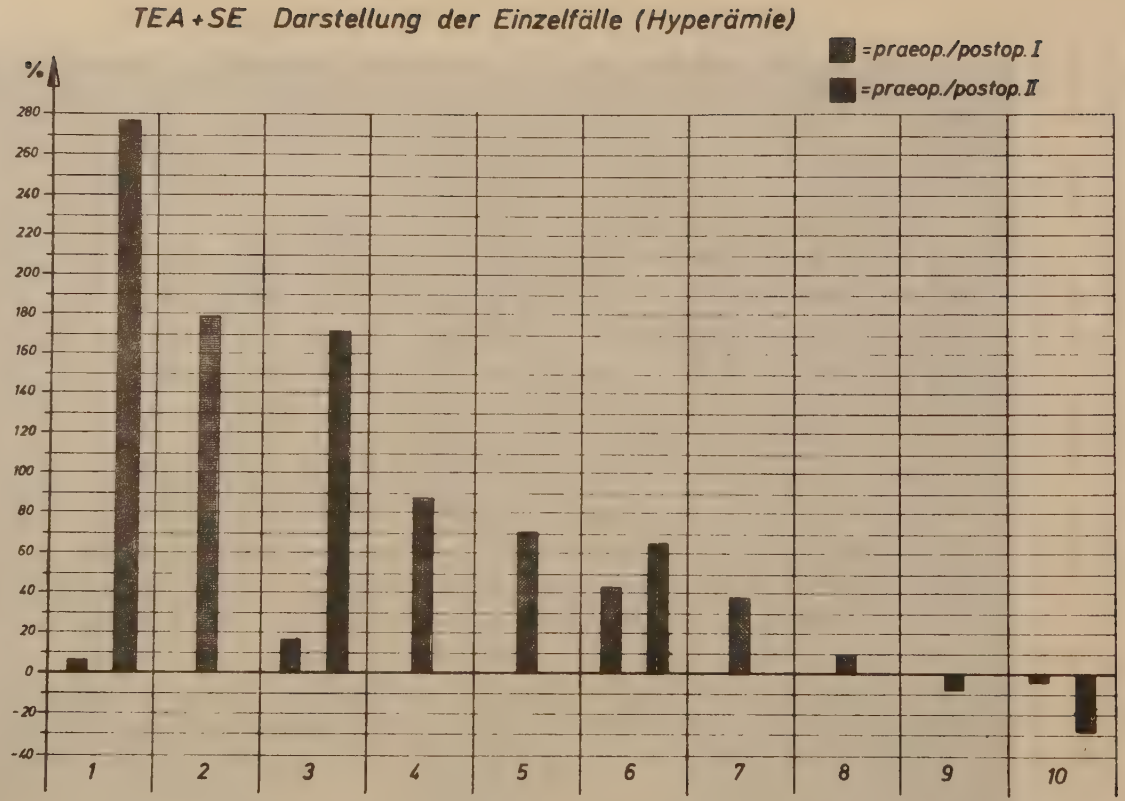


Abbildung 11: TEA und SE. Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie)
(Δ in % vom praeoperativen Ausgangswert)

		praeop./postop.I							praeop./postop.II							postop.I/postop.II						
		N	besser		gleich		verschl.		N	besser		gleich		verschl.		N	besser		gleich		verschl.	
			N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%
TEA + SE	R	10	3	30	1	10	6	60	4	3	75			1	25	4	2	50			2	50
	H	10	8	80			2	20	4	3	75			1	25	4	3	75			1	25

Tabelle 15: Trendstatistik für TEA und SE

Untersuchung an 4 Beinen ist wie der Anstieg von 51,6 % zwischen 1. und 2. postoperativer Messung ebenfalls nicht mehr signifikant. Auch für die Ruhedurchblutung findet sich keine Signifikanz (Tab.16 und 17).

Bei getrennter Betrachtung der gebesserten Fälle ergibt sich zwischen praeoperativer und 1. postoperativer Messung eine Erhöhung der Durchblutung um 48,7 % (N = 8) in der Hyperämiephyse, zwischen praeoperativer und 2. postoperativer Messung ein Anstieg von 156,4 % (N = 3), zwischen 1. und 2. postoperativer Untersuchung ein Anstieg von 107,8 % (Tabelle 18).

Die Verzögerung der Hyperämie fiel durchschnittlich nach der Operation ziemlich stark, aber nicht signifikant ab. Die Dauer der Verzögerung änderte sich nur unbedeutend.

3. 3. 3. Diskussion

Eine Verbesserung der Durchblutungsverhältnisse wird bei diesem Patientenkollektiv nicht so deutlich wie im vorigen Kapitel bei alleiniger Thrombendarteriektomie. Erst die Betrachtung der Einzelfälle und der gebesserten Fälle (Abb.10 und 11; Tab.18) zeigt, daß die Erfolge doch besser waren, als man nach der Statistik annehmen könnte. Ein negativer Einfluß auf die Muskeldurchblutung durch die Sympathektomie läßt sich sicher nicht nachweisen, wenn man neben der Statistik auch die Ergebnisse der Einzelfälle kritisch untersucht.

3. 4. Bypass

Sind größere Arterien auf längere Strecken von stenosierenden oder obliterierenden Prozessen befallen, so kann operativ eine Umleitung (Bypass) um den insuffizienten Strombahnabschnitt geschaffen werden. Man implantiert zu diesem Zweck Kunststoffgefäße oder verwendet körpereigene Venen als Transplantat.

Die Auswirkungen dieser Operation im Bereich der bifurcatio aortae, arteria iliaca und arteria femoralis auf die Durchblutung des m. tibialis anterior wurde in 11 Fällen untersucht. Die Art des Eingriffs ließe theoretisch eine sichere Durchblutungssteigerung erwarten.

	praeoperativ							postoperativ I							postoperativ II						
	N	Verz.d. Hyp.sec.	Dauer d. Hyp.min.	MDB				N	V sec	D min	MDB				N	V sec	D min	MDB			
					$\bar{x}$	$\pm s$						$\bar{x}$	$\pm s$						$\bar{x}$	$\pm s$	
TEA + SE	10	30	2,8	R	2,14	1,82		10	17	3,2	R	1,54	1,2		4	12	2,5	R	2,91	1,89	
				H	14,21	8,26					H	18,60	11,0					H	19,7	9,27	

Tabelle 1c: Mittelwertübersicht für TEA und SE. MDB in ml/100 g/min.

		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I/postop.II				
		N	$\bar{\Delta}$ x	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}$ x	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}$ x	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
TEA + SE	R	10	-0,59	27,6	1,07	30	4	0,21	7,8	0,30	80	4	-0,69	20,3	0,71	50
	H	10	4,42	31,1	2,26	5	4	7,93	67,4	1,36	30	4	6,71	51,6	1,25	30

Tabelle 17: Differenzwertstatistik mit Signifikanzprüfung für TEA und SE (MDB) $\bar{x}$ in ml/100 g/min.

		praeop./post-op.I			praeop./post-op.II			postop.I/post-op.II		
		N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$
TEA + SE	$\bar{x}_1$	8	12,05	48,7	3	8,15	156,4	3	10,06	107,8
	$\bar{x}_2$	8	17,93		3	20,9		3	20,90	

Tabelle 18: Mittelwerte der gebesserten Fälle für TEA + SE (MDB, Hyperämie) $\bar{x}$ in ml/100 g/min.

		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I/postop.II				
		N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
TEA + SE	V"	10	-13	43,3	1,93	10	4	-7,5	38,5	3,0	5	4	-1,25	9,4	0,39	80
	D'	10	0,45	16,1	1,73	10	4	0				4	-0,125	4,8	0,24	80

Tabelle 19: Differenzwertstatistik mit Signifikanzprüfung für TEA + SE
Verzögerung und Dauer der Hyperämie
Verzögerung der Hyperämie in sec., Dauer der Hyperämie in min.

3. 4. 1. Einzelfälle und Trendstatistik

Die Durchblutung in der Hyperämiephase verbesserte sich bei einem Vergleich zwischen prae- und 1. postoperativer Untersuchung in 5 Fällen, in 6 Fällen war sie verschlechtert. Im Vergleich mit der 2. postoperativen Untersuchung war die Durchblutung bei N = 7 in 5 Fällen höher geworden (Tab. 20). Aus Abbildung 12 und 13 ist ersichtlich, daß es in einigen wenigen Fällen zu extremen Steigerungen der Durchblutung kam (463 %), in der Mehrzahl der Fälle aber die Veränderungen der Muskeldurchblutung unwesentlich waren.

3. 4. 2. Mittelwertübersicht und Signifikanzprüfung

Für die Veränderung der Muskeldurchblutung konnten nirgends signifikante Werte errechnet werden (Tab.22). Bei der 1. postoperativen Nachuntersuchung war die Ruhedurchblutung von $\bar{x}$ = 1,8 auf $\bar{x}$ = 2,0 [ml/100 g/min.] gestiegen, die Hyperämiedurchblutung um 14,9 % von 22,9 auf 26,4 [ml/100 g/min.] . Für die 2. postoperative Untersuchung (N = 7) betrug die Steigerung 45,3 % bei der Hyperämie (Tab.21).

Bei einer getrennten Auswertung der in der Hyperämiephase gebesserten Fälle (N = 5) ergibt sich ein Anstieg der mittleren Durchblutung von 17,2 auf 32,3 [ml/100 g/min.] um 87,7 % für die 1. postoperative Messung. Bei der 2. postoperativen Messung betrug der Anstieg nur noch 65,4 %, beim Vergleich zwischen 1. und 2. postoperativer Messung 78,2 % (Tab.23).

Die Verzögerung und Dauer der Hyperämie waren nach der Operation meist positiv beeinflußt. Die Verzögerung war bei der 1. postoperativen Messung im Durchschnitt von 37 auf 17 sec. um 54,3 % gesunken, die Dauer von 2,8 auf 1,8 min. um 38,9 %. Bei der 2. postoperativen Messung war die Verzögerung sogar um 66,4 % verkürzt. Signifikante Werte ergaben sich aber nicht (Tab. 21 und 24).

Angeregt durch einen Fall, der im nächsten Abschnitt noch genauer besprochen werden soll, wurde die Dauer und Verzögerung der Hyperämie bei 5 Bypass-Patienten mit postoperativ verschlechterter Muskeldurchblutung der statistischen Auswertung unterzogen (Tab.25). Die Verkürzung der Hyperämiedauer von $\bar{x}$ = 3,2 min

		praeop./postop.I							praeop./postop.II							postop.I/postop.II						
		N	besser		gleich		verschl.		N	besser		gleich		verschl.		N	besser		gleich		verschl.	
			N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%
Bypass	R	11	6	54,5			5	45,5	7	4	57,1			3	42,9	7	4	57,1			3	42,9
	H	11	5	45,5			6	54,5	7	5	71,4			2	28,6	7	3	42,9			4	57,1

Tabelle 20: Trendstatistik für Bypass

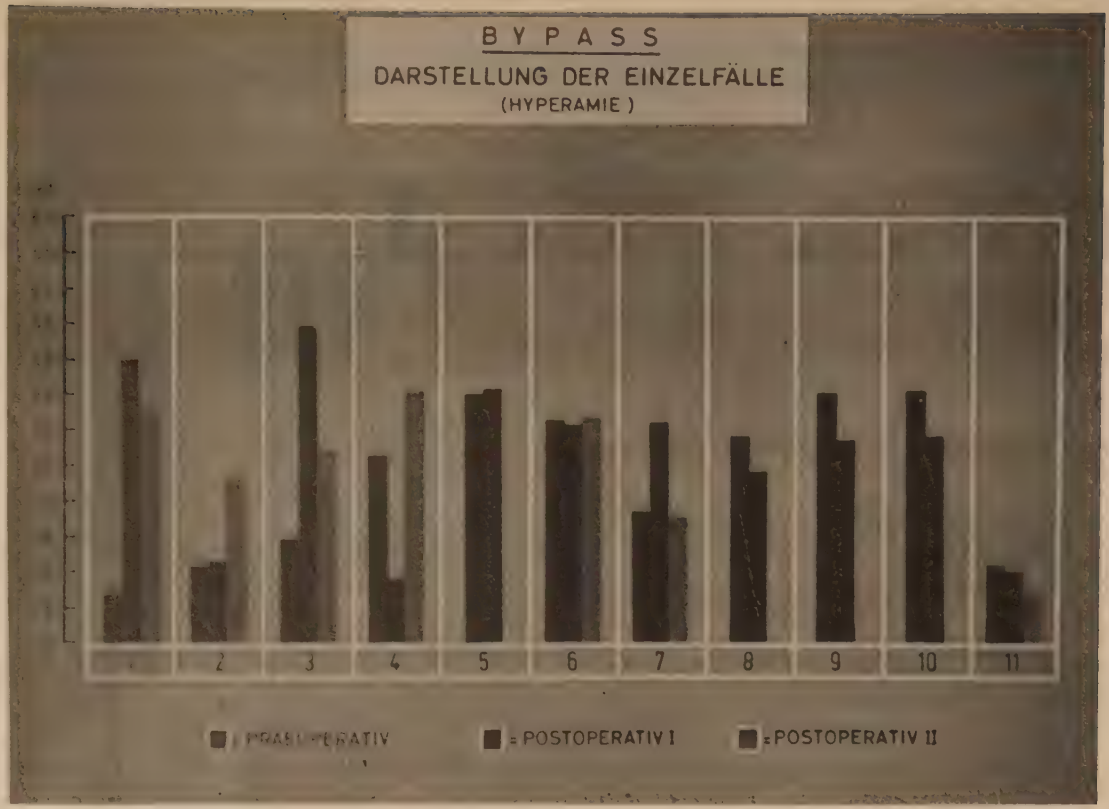


Abbildung 12: Bypass Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie, $\bar{x}$ in ml/100 g/min.)

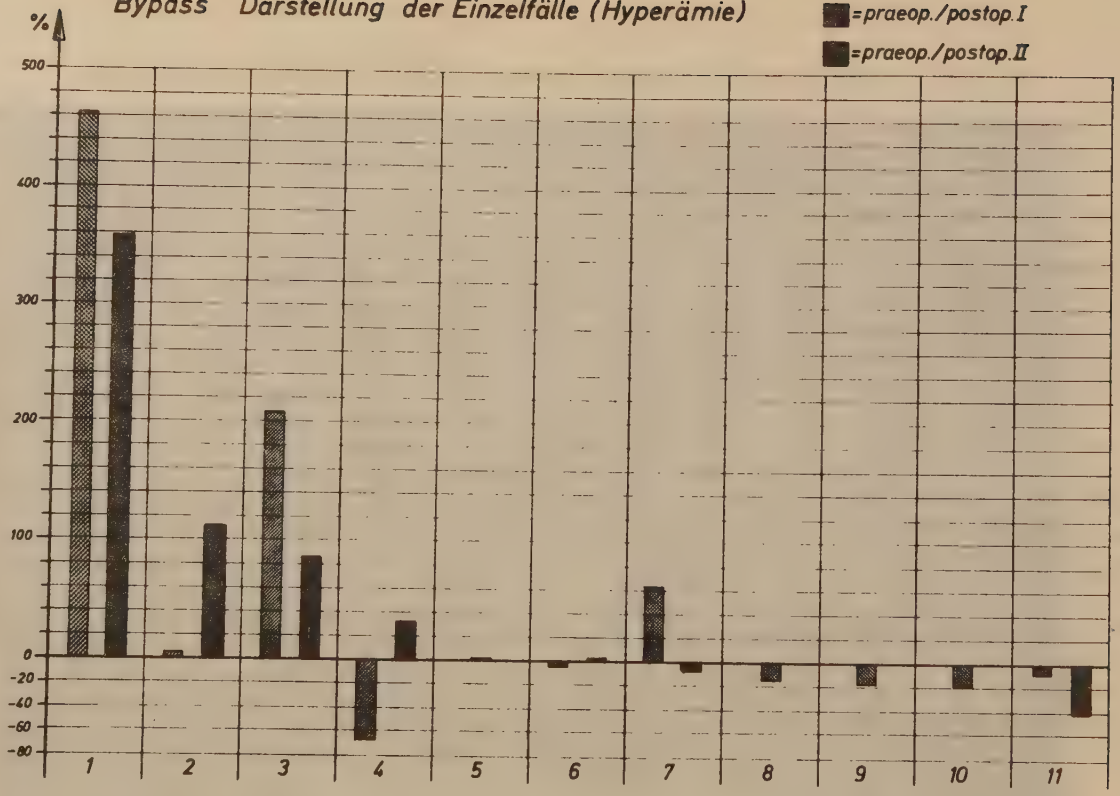


Abbildung 13: Bypass Darstellung der Einzelfälle (Hyperämie)
(Δ in % vom praeoperativen Ausgangswert)

	praeoperativ						postoperativ I						postoperativ II					
	N	V sec	D min	MDB			N	V sec	D min	MDB			N	V sec	D min	MDB		
					$\bar{x}$	$\pm s$					$\bar{x}$	$\pm s$					$\bar{x}$	$\pm s$
Bypass	11	35	2,8	R	1,8	0,9	11	15	1,8	R	2,0	1,12	7	15	2,5	R	1,93	0,8
				H	22,95	10,8				H	26,4	12,1				H	24,5	10,0

Tabelle 21: Mittelwertübersicht für Bypass. MDB in ml/100 g/min

		praeop./post-op.I					praeop./post-op.II					postop.I/post-op.II				
		N	$\bar{\Delta}$	$\frac{\bar{\Delta}}{\bar{x}_1}$ in %	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}$	$\frac{\bar{\Delta}}{\bar{x}_1}$ in %	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}$	$\frac{\bar{\Delta}}{\bar{x}_1}$ in %	t_{emp}	IW %
Bypass	R	11	0,2	11,1	0,57	60	7	0,53	37,9	1,51	20	7	0,33	20,6	1,06	40
	H	11	3,43	14,9	0,73	50	7	7,64	45,3	1,96	10	7	-0,27	1,1	0,05	97

Tabelle 22: Differenzwertstatistik mit Signifikanzprüfung für Bypass (MDB) $\bar{x}$ in ml/100 g/min.

		praeop./post-op.I			praeop./post-op.II			postop.I/post-op.II		
		N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$
Bypass	$\bar{x}_1$	5	17,20	87,7	5	18,00	65,4	5	16,70	78,2
	$\bar{x}_2$	5	32,28		5	29,78		5	29,76	

Tabelle 23: Mittelwerte der gebesserten Fälle für Bypass (MDB, Hyperämie) $\bar{x}$ in ml/100 g/min.

		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I/postop.II				
		N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
Bypass	V"	11	-19,0	54,3	1,59	20	7	-25,7	66,4	1,69	20	7	-6,42	33,1	0,80	50
	D'	11	- 1,09	38,9	1,29	30	7	- 0,28	10,1	0,66	60	7	0,5	25,0	1,66	20

Tabelle 24: Differenzwertstatistik mit Signifikanzprüfung für Bypass
Verzögerung und Dauer der Hyperämie
Verzögerung der Hyperämie in sec., Dauer der Hyperämie in min.

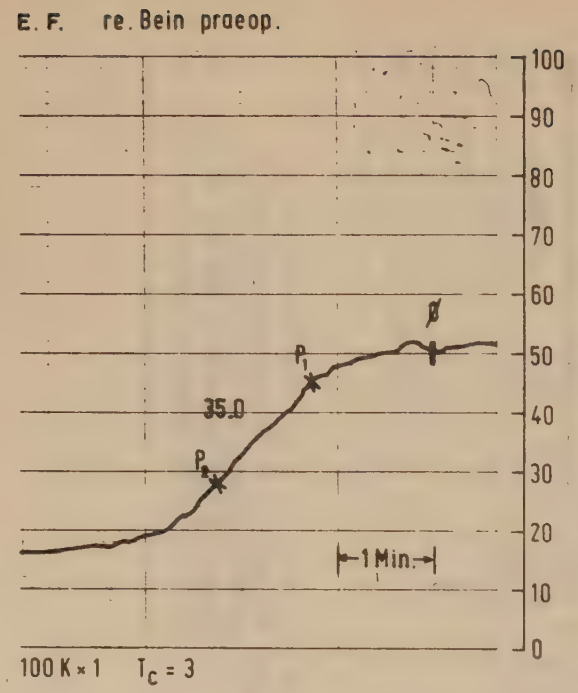
	Verzögerung der Hyperämie (sec.)						Dauer der Hyperämie (min.)					
	N	$\bar{x}$	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\bar{x}$	$\Delta \bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
praeop.	5	37	-22	59,5	3,92	2	5	3,2	-1,2	37,5	2,22	10
postop.	5	15					5	2,0				

Tabelle 25: Dauer und Verzögerung der Hyperämie bei 5 Bypass-Patienten mit postoperativ verschlechterter MDB

auf $\bar{x}$ = 2,0 min., entsprechend 37,5 %, ist bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 % nicht signifikant. Dagegen sank die Verzögerung von $\bar{x}$ = 37 sec. auf $\bar{x}$ = 15 sec. um 59,5 %. Dieser Wert ist bei einer I.W. von 2 % signifikant.

3. 4. 3. Darstellung eines interessanten Einzelfalles anhand der Kurven

Anhand der prae- und postoperativen Clearancekurven sei hier noch ein besonders interessanter Fall erläutert. Die 57-jährige Patientin E.F. befand sich in der cardiologischen Abteilung der II. Medizinischen Universitätsklinik in stationärer Behandlung. Bei dieser Gelegenheit wurde auch genauer der Ursache ihrer Claudicatio intermittens nachgeforscht. Eine angiographische Untersuchung zeigte schließlich einen vollständigen Verschluß im Bereich der bifurcatio aortae, während eine zweimalige Xenonclearance erstaunlicherweise jeweils Normalwerte um 35 [ml/100 g/min.] ergab. Auffällig war nur beidseits eine lange Verzögerung zwischen 30 und 40 sec. sowie ein schleichendes Einsetzen der Hyperämie, deren Dauer von 3 - 4 min. ebenfalls als pathologisch anzusehen ist (Abb.14). Dieses Ergebnis läßt auf das Vorhandensein ziemlich suffizienter Kollateralkreisläufe schließen, die aber natürlich trotz Normalwerten bei der Muskelclearance nicht für eine größere Arbeitsbelastung, wie sie das Gehen darstellt, die erforderliche Blutmenge anbieten konnten. So wurde bei der Patientin eine Bypass-Operation im geschädigten Bereich durchgeführt. Interessant ist nun der Verlauf der Clearancekurve 14 Tage nach diesem Eingriff (Abb. 14). Die Verzögerung beträgt 0 bzw. 5 sec., die Hyperämie setzt abrupt ein und dauert beidseits nur noch etwa 1,5 min. an. Der Wert für die Muskeldurchblutung blieb links mit 35,2 [ml/100 g/min] praktisch gleich, während er sich rechts sogar auf 26,2 [ml/100 g/min.] verschlechterte. Trotz dieser Werte aber muß nachdem Gesamtbild der prae- und postoperativen Clearancekurven der Eingriff als Erfolg angesehen werden. In der Statistik kann dies nicht zum Ausdruck gebracht werden, hier geht der Fall teilweise als Verschlechterung ein. Dieses Beispiel zeigt noch einmal besonders eindrucksvoll die Bedeutung, die Dauer und Verzögerung der Hyperämie für die Clearancekurve haben und zugleich die Problematik von diesbezüglichen Mittelwertstatistiken.



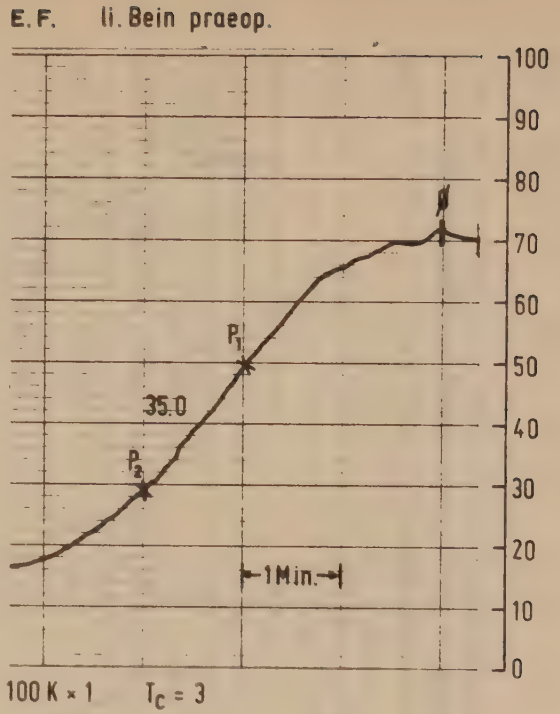


Abbildung 14: Praeoperative Clearancekurven bei einer 57-jährigen Patientin mit Bypass-Operation im Bereich der bifurcatio aortae

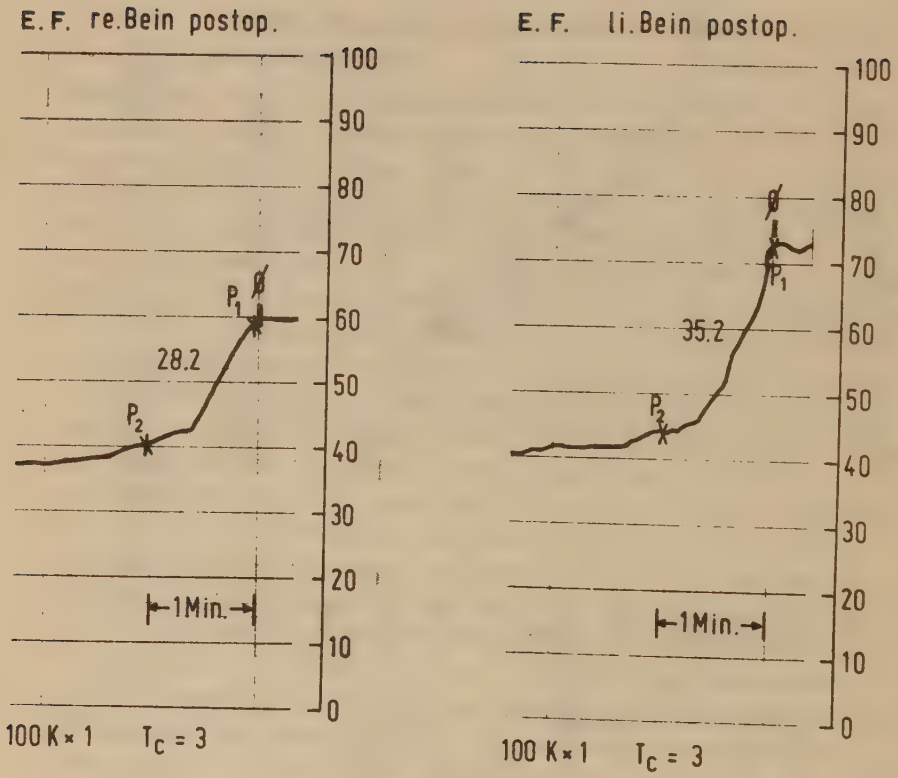


Abbildung 14: Postoperative Clearancekurven bei einer 57-jährigen Patientin mit Bypass-Operation im Bereich der bifurcatio aortae

3. 4. 4. Diskussion

Die statistische Auswertung der 11 Fälle mit Bypass-Operation brachte nicht die eindrucksvollen Ergebnisse, die nach der Art der Operation theoretisch zu erwarten gewesen wären. Die ersten vier Fälle in der Darstellung der Einzelfälle (Abb.12 und 13) zeigen zwar, daß eine völlige oder beinahe völlige Wiederherstellung der Durchblutungsverhältnisse möglich ist, in den restlichen sieben Fällen sind die Ergebnisse aber keineswegs so eindeutig. Allerdings kann auch nicht unbedingt nachgewiesen werden, daß es sich hier immer um totale Mißerfolge handelte, der Bypass also überhaupt nicht funktionsfähig war. Dagegen sprechen die positiven Veränderungen von Dauer und Verzögerung der Hyperämie in den Clearancekurven, die fast immer auch bei den Patienten mit postoperativ verschlechterter Muskeldurchblutung auftraten. Außerdem waren gerade bei den Fällen mit nur geringfügigen postoperativen Veränderungen der Durchblutung die praeoperativen Ausgangswerte meistens ziemlich hoch (Abb.12), obwohl die pathologischen Gefäßveränderungen immer angiographisch nachgewiesen waren. Es ist also nicht verwunderlich, daß zumindest bei dem vorliegenden Patientenkollektiv durch die statistische Auswertung ein schlechter Gesamteindruck vom Operationserfolg entstehen muß. Erst eine kritische Betrachtung sämtlicher Parameter bei den Einzelfällen ergibt ein günstigeres Bild, ein allgemeingültiges Urteil über die Erfolgschancen bei dieser Operationsmethode kann aber auf Grund vorliegender Untersuchungen natürlich nicht gefällt werden, sicher nicht zuletzt auch wegen der geringen Patientenzahl.

3. 5. Tabellenübersicht der Ergebnisse des gefäßchirurgischen Kollektivs

In Tabellen 26 bis 30 sind zur besseren Übersicht nochmals sämtliche wichtigen Ergebnisse des gefäßchirurgischen Patientenkollektivs zusammengefaßt.

Gruppe		praeop./postop.I							praeop./postop.II							postop.I/postop.II						
		N	besser		gleich		verschl.		N	besser		gleich		verschl.		N	besser		gleich		verschl.	
			N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%		N	%	N	%	N	%
SE	R	29	10	34,5	3	10,3	16	55,2	14	6	42,9	1	7,1	7	50	14	8	57,1	1	7,1	5	35,7
	H	29	8	27,6	1	3,5	20	68,9	14	10	71,4			4	28,6	14	10	71,4			4	28,6
TEA	R	7	4	57,1			3	42,9	2	1	50			1	50	2	1	50			1	50
	H	7	7	100					2	1	50			1	50	2					2	100
TEA +SE	R	10	3	30	1	10	6	60	4	3	75			1	25	4	2	50			2	50
	H	10	8	80			2	20	4	3	75			1	25	4	3	75			1	25
Bypass	R	11	6	54,5			5	45,5	7	4	57,1			3	42,9	7	4	57,1			3	42,9
	H	11	5	45,5			6	54,5	7	5	71,4			2	28,6	7	3	42,9			4	57,1

Tabelle 26: Trendstatistik

Gruppe	praeoperativ					postoperativ I					postoperativ II				
	N	Verz.d. Hyp.sec	Dauer d. Hyp.min	MDB		N	V sec	D min	MDB		N	V sec	D min	MDB	
				$\bar{x}$	$\pm s$				$\bar{x}$	$\pm s$				$\bar{x}$	$\pm s$
SE	29	37	2,8	R 1,51	0,86	29	43	2,6	R 1,27	0,89	14	27	2,3	R 1,30	1,06
				H 16,4	12,45				H 11,83	8,31				H 12,31	5,6
TEA	7	36	2,5	R 1,46	0,75	7	19	2,1	R 1,31	0,54	2	15	1,25	R 1,52	0,6
				H 16,0	8,97				H 26,80	14,97				H 13,85	7,28
TEA + SE	10	30	2,8	R 2,14	1,82	10	17	3,2	R 1,54	1,2	4	12	2,5	R 2,91	1,89
				H 14,21	8,26				H 18,60	11,0				H 19,7	9,27
Bypass	11	35	2,8	R 1,8	0,9	11	16	1,8	R 2,0	1,12	7	13	2,5	R 1,93	0,8
				H 22,95	10,8				H 26,4	12,1				H 24,5	10,0

Tabelle 27: Mittelwertübersicht
MDB in ml/100 g Muskel/min.

Gruppe		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I/postop.II				
		N	$\bar{\Delta}_x$	$\bar{\Delta}_x$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	I W %	N	$\bar{\Delta}_x$	$\bar{\Delta}_x$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}_x$	$\bar{\Delta}_x$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
SE	R	29	-0,24	15,7	2,36	2,5	14	0,16	14,0	0,66	50	14	0,407	44,5	1,69	20
	H	29	-4,57	27,9	3,15	0,5	14	-0,86	6,5	0,34	70	14	2,47	25,1	1,54	20
TEA	R	7	-0,15	10,3	1,30	20	2	-0,32	17,4	0,08	95	2	0,07	4,8	0,1	95
	H	7	10,8	67,5	3,03	2,5	2	-3,0	17,8	0,41	80	2	-18,55	57,2	1,08	50
TEA + SE	R	10	-0,59	27,6	1,07	30	4	0,21	7,8	0,30	80	4	-0,69	20,3	0,71	50
	H	10	4,42	31,1	2,26	5	4	7,93	67,4	1,36	30	4	6,71	51,6	1,25	30
Bypass	R	11	0,2	11,1	0,57	60	7	0,53	37,9	1,51	20	7	0,33	20,6	1,06	40
	H	11	3,43	14,9	0,73	50	7	7,64	45,3	1,96	10	7	-0,27	1,1	0,05	97

Tabelle 28: Differenzwertstatistik innerhalb der Gruppen mit Signifikanzprüfung. MDB in ml/100 g/min.

Gruppe		praeop./postop.I					praeop./postop.II					postop.I/postop.II				
		N	$\bar{\Delta}$ x	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}$ x	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %	N	$\bar{\Delta}$ x	$\bar{\Delta}$ in % von $\bar{x}_1$	t_{emp}	IW %
SE	V"	20	6,[illegible]	17,2	1,34	20	14	-5,[illegible]	16,0	0,64	60	14	-21,7[illegible]	44,6	2,03	5
	D'	29	-0,206	7,4	1,21	30	14	0,5[illegible]	[illegible],4	1,0	50	14	0,75	48,9	1,58	20
TEA	V"	7	-17,14	47,6	2,70	5	2	0				2	-5	25,0	1.0	50
	D'	7	-0,35	14,0	0,7	50	2	0,25	25,0	1,0	50	2	0			
TEA + SE	V"	10	-13	43,[illegible]	1,93	10	4	-7,5	38,5	3,0	5	4	-1,25	9,4	0,39	80
	D'	10	0,45	16,1	1,73	10	4	0				4	-0,125	4,8	0,24	80
By-pass	V"	11	-19	54,[illegible]	1,59	20	7	-2[illegible],7	66,4	1,69	20	7	-6,42	33,1	0,80	50
	D'	11	-1,09	38,9	1.2[illegible]	50	7	-0,[illegible]	10,1	0,66	60	7	0,5	2[illegible],0	1,66	20

Tabelle 20: Differenzwertstatistik innerhalb der Gruppen mit Signifikanzprüfung
Verzögerung und Dauer der Hyperämie (V. in sec., D. in min.)

Gruppe		praeop./post-op.I			praeop./postop. II			postop.I/post-op.II		
		N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$	N	$\bar{x}$	Δ in % von $\bar{x}_1$
SE	$\bar{x}_1$	8	9,36	14,2	10	9,50	36,1	10	7,31	73,9
	$\bar{x}_2$	8	10,69		10	12,93		10	12,71	
TEA	$\bar{x}_1$	7	16,0	67,5	1	4,5	93,3	-		
	$\bar{x}_2$	7	26,9		1	8,7		-		
TEA + SE	$\bar{x}_1$	8	12,05	48,7	3	8,15	156,4	3	10,06	107,8
	$\bar{x}_2$	8	17,93		3	20,9		3	20,90	
By-pass	$\bar{x}_1$	5	17,20	87,7	5	18,00	65,4	3	16,70	78,2
	$\bar{x}_2$	5	32,28		5	29,78		3	29,76	

Tabelle 30: Mittelwerte der gebesserten Fälle (MDB, Hyperämie) $\bar{x}$ in ml/100 g/min.

4. . Zusammenfassung

Mit Hilfe der ^{133}Xenon-Muskelclearance wurde an 250 Beinen und 16 Armen die Durchblutung in Ruhe und bei reaktiver Hyperämie nach Belastung bestimmt, außerdem zweimal die Wadendurchblutung eines m. masseter und einmal die Wadendurchblutung eines m. temporalis. In sämtlichen Fällen bestand zumindest der Verdacht auf pathologische Durchblutungsverhältnisse. So wurden auch bei den ambulant oder an stationären Patienten durchgeführten Untersuchungen (177 Beine, 12 Arme) nur bei 21 Beinen normale Durchblutungsverhältnisse gefunden, in 122 Fällen (71,7 %) war die Durchblutung in der Hyperämiephase pathologisch erniedrigt, in 23 Fällen pathologisch erhöht. Die Armdurchblutung war in 8 Fällen erniedrigt und in 4 Fällen erhöht.

Einer genaueren statistischen Auswertung wurden die Meßergebnisse eines Patientenkollektives vor und nach gefäßchirurgischen Eingriffen unterzogen. Dabei ergab sich nach Sympathektomie (N = 25) eine signifikante Verminderung der Muskeldurchblutung sowohl in Ruhe (Irrtumswahrscheinlichkeit 2,5 %) als auch in der Hyperämiephase (I.W. 0,5 %).

Nach Thrombendarterektomie (N = 7) fand sich eine signifikante Erhöhung der Hyperämiedurchblutung (I.W. 2,5 %).

Bei gleichzeitiger Thrombendarterektomie und Sympathektomie (N = 11) war für die Durchblutungswerte postoperative Erhöhung der Hyperämiedurchblutung gerade keine signifikanz mehr gegeben (I.W. etwas über 5 %).

Für die durchschnittliche geringe Verbesserung nach Bypassoperationen (N = 11) ließ sich ebenfalls keine Signifikanz feststellen (I.W. 50 %).

Insgesamt ist festzustellen, daß sich die ^{133}Xenon-Muskelclearance als besonders geeigneter Prüfparameter zur Beurteilung der [illegible] erwies.

Literaturverzeichnis

1) ABRAMS, M.E., D.J.P. BARKER, W.H.J. BUTTERFIELD: The effect of reserpine, noradrenalin and adrenalin on reactive hyperaemia in the human forearm. Clin.Sci. 29, 565 (1965)

2) ALEXANDER, K.: Die diabetischen Angiopathien. Münch.Med.Wschr. Heft 15, 690, (1970)

3) AMERY, A., H. BOSSAERT, H. VERSTRAETE: Muscle blood flow in normal and hypertensive subjects. Americ.Heart J. Vol.76, No.2 (1969)

4) BERGERHOF, H.D.: Die Bedeutung der Gefäßplastik bei chronischen Durchblutungsstörungen der unteren Gliedmaßen. Med.Welt 4, 202 (1967)

5) BOLLINGER, A.: Durchblutungsmessungen in der klinischen Angiologie. Verl.Hans Huber, Bern, Stuttgart (1969)

6) BROWNLEE, G.: The use and abuse of vasodilator drugs. Angiologie 17, 186 (1966)

7) CANNON, J.A., W.F. BARKER, I.G. KAWAKAMI: Femoral popliteal endarterectomy in the treatment of obliterative atherosclerotic disease. Surgery 43, 76 (1958)

8) CONN, H.D.jr.: Equilibrium distribution of radioxenon in tissue: Xenon - haemoglobin association curve. J.Appl.Physiol. 16, 1065 (1961)

9) FRAITZL, J.: Die 133-Xenon-Muskelclearance als Prüfparameter für die Wirkung der Angiopharmaka dargestellt an der Durchblutungsmessung der unteren Extremität. Inaug.Diss. München (1971)

10) FREEMAN, M.E., F. MONTGOMERY: Lumbar sympathectomy in the treatment of intermittent claudicatio Am.Heart J. 23, 224 (1942)

11) GOLENHOFEN, K., G. HILDEBRANDT: Die Reaktion der menschlichen Muskelgefäße auf Durchblutungsdrosselung. Pflügers Arch.ges.Physiolo. 246, 492 (1957)

12) GOODMAN, L.S., A. GILMAN: The pharmalogical basis of therapeutics. The MacMillan Co., New York (1966)

13) GOTTSTEIN, V., R. FELIX, H.D. FLAD, J. SEDLMEYER: Untersuchungen zur Wirkung von Nikotinsäure und Adenosinmonophosphat auf Haut- und Muskeldurchblutung von Gefäßgesunden und Kranken mit peripheren Durchblutungsstörungen. Ztschr. Kreislaufforsch. 55, 970 (1966)

14) HESS, H.: Die obliterierenden Gefäßerkrankungen. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin S. 256 (1959)

15) HILLESTAD, L.K.: The peripheral blood flow in intermittent claudication. V.Plethysmographic studies. The significance of the calf blood flow at rest and its response to timed arrest of the circulation. Acta med.Scand. 174, 1, 23 (1963)

16) KAUTZKY, R., F. BRUSSATIS: Venentransplantation und Thrombendarteriektomie als Behandlung der Claudicatio intermittens. Langenbecks Arch.Klin.Chir. 283, 375 (1966

17) KETY, S.S.: Quantitative measurement of regional circulation by the clearance of radioactive Sodium. Am.J.Med.Sc. 215, 325 (1948)

18) KETY, S.S.: The theory and applications of the exchange of inert gases at the lungs and tissues. Pharmacolog.Rev. 3, 1 (1951)

19) KLEMM, J.: Besitzt die 133-Xenon-Clearance-Methode zur Muskeldurchblutungsbestimmung klinische Routinereife? "Radionuklide in Kreislaufforschung und Kreislaufdiagnostik". 5. Jahrestagung der Gesellschaft für Nuclearmedizin in Wien 1967

20) KUNTZ, E.: Systematik und Klinik des Diabetes mellitus.
Münch.Med.Wschr. Heft 15, 665 (1970)

21) LASSEN, N.A., I. LINDBJERG, O. MUNCK: Measurement of blood flow through the skeletal muscle by intramuscular injection of 133Xenon.
Lancet I, 686 (1964)

22) LASSEN, N.A.: Muscle blood flow in normal men and in patients with intermittent claudication by simultaneous 133Xe and 24Na clearance.
J.Clin.Invest. 43, 1805 (1964)

23) LASSEN, N.A., I.F. LINDBJERG, J. DAHN: Validity of the ^{133}Xenon method for measurement of muscle blood flow evaluated by simultaneous venous occlusion plethysmography: Observations in the calf of normal men and in patients with occlusive disease.
Circ.Res. 16, 287 (1965)

24) LINDBJERG, I.F.: Diagnostic application of the 133 Xenon method in peripheral arterial disease.
Scand.J.Clin.Laborat.Invest. 17, 589 (1965)

25) LINDBJERG, I.F.: Leg muscle blood flow measured with 133Xenon after ischemic periods and after muscular exercise performed during ischemia.
Clin.Sci. 30, 299 (1966)

26) LINDBJERG, I.F., et al.: The fat content of leg muscles determined by intramuscular injection of Xe-133.
Kopenhagen, Diabetes, Vol.15, No.5 (1966)

27) LINDBJERG, I.F., O. MUNCK, N.A. LASSEN: Skeletal muscle blood flow determined by intramuscular injection of Xe-133.
Kopenhagen, Diabetes, Vol.15, No.5,5.325 (1966)

28) PEARL, F.L.: Angiospastic claudication with a report of 6 cases.
Am.J.Med.Sc. 154, 305 (1937)

29) PICHANTSCHEK, W.D.: Die 133-Xenon-Muskelclearance.
Inaug.Diss. 1969, München

30) PFLEGHAR, F.: Untersuchungen über die Verwendbarkeit der 133-Xenon-Muskelclearance in der Angiologischen Diagnostik
Inaug.Diss. 1969, München

31) RAPAPORT, S.I., A. SAUL, C. HYMAN, M.E. MORTON: Tissue clearance as a measure of nutritive blood flow and the effect of lumbar sympathetic block upon such measures in calf muscle.
Circulation 5, 594, Los Angeles (1952)

32) SMITH, B.C., E.H. QUIMBY: The use of radioactive Sodium in studies of circulation in patients with peripheral vascular disease.
Surg.Gyn.Obstetr. 79, 142 (1944)

33) SNELL, E.S., H.H.G. EASTCOTT, M. HAMILTON: Circulation in lower limb before and after reconstruction of obstructed main artery.
Lancet I, 242 (1960)

34) TØNNESEN, K.H.: The blood flow through the calf muscle during rythmic contraction and in rest in patients with occlusive arterial disease measured by 133Xenon.
Scan.J.Clin.Laborat.Invest. 17, 433 (1965)

35) ZERKOWITZ, A., G. HOPPE, G. BUBLITZ: Untersuchungen zur Wirksamkeit gefäßaktiver Medikamente mit der 133-Xenon-Muskelclearance.
D.Med.Welt 32 (1969)

Im Text nicht zitierte Literatur:

Acta VI Internationalis Angiologorum Congressus
Barcelona 1967
Hrsg. Editorial Cientifico-Medica, Barcelona,
Swets & Zeitlinger N.V., Amsterdam

BECKMANN, R., M. PETITH:
Inosit: Neuere experimentelle und klinische Befunde.
Med. Welt Nr. 4 (1970)

BRANDSTÄTTER, H.G.:
Muskeldurchblutungsmessungen an den unteren Extremitäten bei Patientinnen mit bestrahlten Uteruskarzinomen mit Hilfe der 133-Xenon-Clearance-Methode vor und nach Therapie mit Venoruton 300.
Inaug.Diss. München (1969)

Deutscher Röntgenkongress 1968, Hamburg
Hrsg. F.Gauwerky
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1968)

FISCHER, H.:
Die Bedeutung der terminalen Strombahn und ihrer Durchblutung bei der venösen Insuffizienz des Unterschenkels und deren Folgeerscheinungen.
Therapiewoche 19, Nr. 22 (1969)

HARTMANN, G.:
Heutige Möglichkeiten einer Arteriosklerosеprophylaxe.
Österr. Ärztezeitung 22. Jhrg., Heft 6 (1967)

HEINRICH, F., K. SCHULTIS:
Die Therapie des arteriellen Gefäßverschlusses
Med.Welt Nr. 18 (1967)

HOLZMAN, G.B.:
Measurement of muscle blood flow in the human forearm with radioaktiv Krypton and Xenon.
Circ. 30, 27 (1964)

HYMAN, C., R.L. PALDINO, B.A. ZIMMERMANN:
Lokal regulation of effectiv blood flow in muscle
Circ.Res. 12, 176 (1963)

HYMAN, C.:
Symposion on clinical Evaluation of Testing Methods of Vasoaktive Drug Effects.
Rom (1968)

KLEPZIK, H.:
Herz- und Gefäßkrankheiten
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1968)

KÖSTER, R.:
Zur gegenwärtigen Situation und Problematik der Angiologie.
Hippokrates,Jg.41, Heft 1 (1970)

Medical and Surgical Angiological Therapy
Rome, May 1968
Editor: V. Becottini, C.E.P.I. - Rome (1968)

RATSCHOW, M.:
Angiologie.
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1959)

SANWALD, R.:
Biochemie der Arteriosklerose.
Hippokrates, Heft 24 (1969)

SCHIMMLER, W.:
Diabetes mellitus und Arterienelastizität.
Münch.Med.Wschr. 15, 697 (1970)

TØNNESEN, K.H., P. SEJRSEN:
Washout of 133 Xenon after intramuskular injection and direct measurement of blood flow in skeletal muscle.
Scand.J.of Clin.and Laborat.Invest. 25,No.1, 71 (1970)

TRAP-JENSEN, J., et al.:
Capillary permeability in human skeletal muscle by local injektion of 51-Cr-EDTA and 133 Xenon.
Scand.J.of Clin.and Laborat.Invest. 25, No 1 (1970)

WANJURA, H.J., K. TAUSCHWITZ:
Ein Beitrag zur Diagnostik und Therapie peripherer Durchblutungsstörungen.
Dtsch.Med.Journ. 12 (1969)

Lebenslauf

Am 27. Oktober 1944 wurde ich in Schongau/Lech als Sohn des Richters und Reserveoffiziers Karl Ruff und seiner Ehefrau Berta geboren.

Von 1951 bis 1955 besuchte ich in München die Volksschule, ab 1955 das humanistische Ludwigsgymnasium. Dort erhielt ich 1964 das Reifezeugnis. Von 1964 bis 1966 leistete ich meinen Wehrdienst in der Bundeswehr. Anschließend begann ich mit dem Studium der Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Im Oktober 1967 bestand ich die naturwissentschaftliche Vorprüfung, im März 1969 die ärztliche Vorprüfung und am 16. Juni 1972 die ärztliche Prüfung.